

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2022-7978
(P2022-7978A)

(43)公開日 令和4年1月13日(2022.1.13)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード(参考)
G 0 1 J 3/32 (2006.01)	G 0 1 J 3/32	2 G 0 2 0
G 0 1 J 3/26 (2006.01)	G 0 1 J 3/26	5 C 0 6 5
G 0 1 J 3/06 (2006.01)	G 0 1 J 3/06	
H 0 4 N 9/07 (2006.01)	H 0 4 N 9/07	A

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全33頁)

(21)出願番号 特願2021-21505(P2021-21505)	(71)出願人 000002369
(22)出願日 令和3年2月15日(2021.2.15)	セイコーエプソン株式会社
(31)優先権主張番号 特願2020-93023(P2020-93023)	東京都新宿区新宿四丁目1番6号
(32)優先日 令和2年5月28日(2020.5.28)	(74)代理人 100179475
(33)優先権主張国・地域又は機関 日本国(JP)	弁理士 仲井 智至
(31)優先権主張番号 特願2020-212187(P2020-212187)	(74)代理人 100216253
(32)優先日 令和2年12月22日(2020.12.22)	弁理士 松岡 宏紀
(33)優先権主張国・地域又は機関 日本国(JP)	(74)代理人 100225901
(特許庁注:以下のものは登録商標)	弁理士 今村 真之
1. BLUETOOTH	(72)発明者 佐野 朗
	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
	(72)発明者 久保田 真司
	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

最終頁に続く

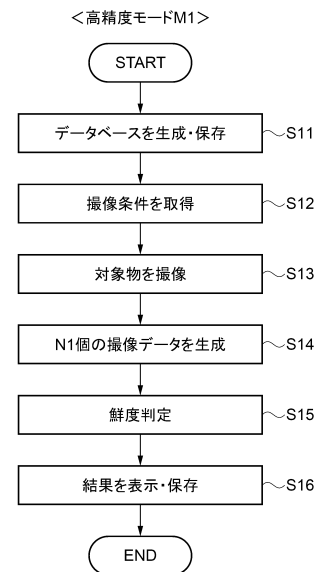
(54)【発明の名称】 分光撮像装置の制御方法、分光撮像装置、コンピュータプログラム、表示システムの制御方法、プロジェクターの制御方法、表示システム、及びプロジェクター

(57)【要約】

【課題】効率よく所定の波長の光を取り出すことが可能な、分光撮像装置の制御方法、分光撮像装置、及びコンピュータプログラムを提供する。

【解決手段】撮像素子及び分光素子を備える分光撮像装置の制御方法であって、分光撮像装置が高精度モードであるとき、分光撮像装置により、分光素子の出力波長を異ならせて対象物を撮像したN1個の波長からなる第1測定スペクトルを生成し、分光撮像装置が高速モードであるとき、分光撮像装置により、分光素子の出力波長を異ならせて対象物を撮像したN2個の波長からなる第2測定スペクトルを生成し、N1は2以上の整数であり、N2はN1よりも小さい整数である。

【選択図】図4



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

撮像素子及び分光素子を備える分光撮像装置の制御方法であって、
前記分光撮像装置が第 1 モードであるとき、
前記分光撮像装置により、前記分光素子の出力波長を異ならせて対象物を撮像した N 1 個の波長からなる第 1 測定スペクトルを生成し、
前記分光撮像装置が第 2 モードであるとき、
前記分光撮像装置により、前記分光素子の出力波長を異ならせて前記対象物を撮像した N 2 個の波長からなる第 2 測定スペクトルを生成し、
 N 1 は 2 以上の整数であり、 N 2 は N 1 よりも小さい整数である、分光撮像装置の制御方法。 10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の分光撮像装置の制御方法であって、
前記第 1 モードで生成された前記第 1 測定スペクトル、または、前記第 2 モードで生成された前記第 2 測定スペクトルに基づいて、前記対象物のスペクトルを導出する、分光撮像装置の制御方法。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の分光撮像装置の制御方法であって、
前記 N 2 個の波長からなるスペクトルから前記 N 1 個の波長からなるスペクトルを推定する変換データを用いて、前記第 2 モードで得られた前記第 2 測定スペクトルを変換することで、前記対象物のスペクトルを推定する、分光撮像装置の制御方法。 20

【請求項 4】

請求項 2 又は請求項 3 に記載の分光撮像装置の制御方法であって、
前記対象物のスペクトルは、前記第 1 モードで得られた前記第 1 測定スペクトルと、前記第 2 モードで得られた前記第 2 測定スペクトルと、を有し、
前記第 1 測定スペクトル及び前記第 2 測定スペクトルの少なくとも一方に基づいて、前記出力波長の間隔を異ならせる、分光撮像装置の制御方法。

【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項に記載の分光撮像装置の制御方法であって、
前記分光素子は、一对の反射膜と、前記一对の反射膜のギャップ寸法を変更可能なギャップ変更部を有し、前記撮像素子へ入射される光の光路上に配置された波長可変干渉フィルターである、分光撮像装置の制御方法。 30

【請求項 6】

撮像素子及び分光素子を備える分光撮像装置であって、
前記分光撮像装置が第 1 モードであるとき、
前記分光撮像装置により、前記分光素子の出力波長を異ならせて対象物を撮像した N 1 個の波長からなる第 1 測定スペクトルを生成し、
前記分光撮像装置が第 2 モードであるとき、
前記分光撮像装置により、前記分光素子の出力波長を異ならせて前記対象物を撮像した N 2 個の第 2 測定スペクトルを生成し、
 N 1 は 2 以上の整数であり、 N 2 は N 1 よりも小さい整数である、分光撮像装置。 40

【請求項 7】

撮像素子及び分光素子を備える分光撮像装置による撮像データに基づき、対象物を特定するためのコンピュータプログラムであって、
前記分光撮像装置の第 1 モードにおいて、出力波長を異ならせて前記対象物を撮像し、2 以上の整数である N 1 個の波長からなる第 1 測定スペクトルを生成する処理と、
前記分光撮像装置の第 2 モードにおいて、出力波長を異ならせて前記対象物を撮像し、 N 1 よりも小さい整数である N 2 個の波長からなる第 2 測定スペクトルを生成する処理と、
のうち少なくとも一方をコンピュータに実行させるコンピュータプログラム。

【請求項 8】

撮像素子及び分光素子を備える分光撮像装置、並びに画像データに基づいた投射画像を投射面に投射するプロジェクターを含む表示システムの制御方法であって、

前記表示システムが第 1 モードであるとき、

前記投射画像を前記分光撮像装置により、前記分光素子の分光波長を異ならせて撮像した N 1 個の第 1 撮像データを生成し、

前記プロジェクターにより、前記 N 1 個の第 1 撮像データに基づき、第 1 画像データを補正した第 1 補正画像データを生成し、

前記プロジェクターにより、前記第 1 補正画像データに基づいた第 1 投射画像を前記投射面に投射し、

前記表示システムが第 2 モードであるとき、

前記投射画像を前記分光撮像装置により、前記分光素子の分光波長を異ならせて撮像した N 2 個の第 2 撮像データを生成し、

前記プロジェクターにより、前記 N 2 個の第 2 撮像データに基づき、前記第 1 画像データを補正した第 2 補正画像データを生成し、

前記プロジェクターにより、前記第 2 補正画像データに基づいた第 2 投射画像を前記投射面に投射することを含み、

N 1 は 2 以上の整数であり、N 2 は N 1 よりも小さい整数である、表示システムの制御方法。

【請求項 9】

前記 N 1 個の第 1 撮像データに基づいて色に関する所定情報を測定し、測定結果に基づいて前記第 1 画像データを補正したデータが前記第 1 補正画像データである、請求項 8 記載の表示システムの制御方法。

【請求項 10】

前記第 1 モードのときの前記 N 1 個の第 1 撮像データから得られる色の所定の測定結果と、前記第 2 モードのときの前記 N 2 個の第 2 撮像データから得られる色の所定の測定結果とを対応づける変換データを予め取得し、

前記第 2 モードであるとき、前記 N 2 個の第 2 撮像データから得られる前記所定の測定結果を、前記変換データに基づいて前記 N 1 個の第 1 撮像データから得られる前記所定の測定結果に相当する情報に変換し、変換後の情報に基づいて前記第 1 画像データを補正したデータを、前記第 2 補正画像データとしている、請求項 9 記載の表示システムの制御方法。

【請求項 11】

前記プロジェクターにより、前記第 1 モード及び第 2 モードの選択肢を含む OSD メニューを含む投射画像を投射する、請求項 8 から 10 のいずれか一項に記載の表示システムの制御方法。

【請求項 12】

前記分光素子は、一对の反射膜と、前記一对の反射膜のギャップ寸法を変更可能なギャップ変更部を有し、前記撮像素子へ入射される光の光路上に配置された波長可変干渉フィルターである、請求項 8 から 11 のいずれか一項に記載の表示システムの制御方法。

【請求項 13】

画像データに基づいた投射画像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、前記プロジェクターが第 1 モードであるとき、

前記投射画像を分光撮像装置により、前記分光撮像装置の分光素子の分光波長を異ならせて撮像された N 1 個の第 1 撮像データを取得し、

前記 N 1 個の第 1 撮像データに基づき、第 1 画像データを補正した第 1 補正画像データを生成し、

前記第 1 補正画像データに基づいた第 1 投射画像を前記投射面に投射し、

前記プロジェクターが第 2 モードであるとき、

前記投射画像を前記分光撮像装置により、前記分光撮像装置の分光素子の分光波長を異ならせて撮像された N 2 個の第 2 撮像データを取得し、

10

20

30

40

50

前記 N 2 個の第 2 撮像データに基づき、前記第 1 画像データを補正した第 2 補正画像データを生成し、
前記第 2 補正画像データに基づいた第 2 投射画像を前記投射面に投射することを含み、
N 1 は 2 以上の整数であり、N 2 は N 1 よりも小さい整数である、プロジェクターの制御方法。

【請求項 14】

撮像素子及び分光素子を備える分光撮像装置、並びに画像データに基づいた投射画像を投射面に投射するプロジェクターを含む表示システムであって、

前記表示システムが第 1 モードであるとき、

前記分光撮像装置は、前記投射画像を、前記分光素子の分光波長を異ならせて撮像した N 1 個の第 1 撮像データを生成し、

前記プロジェクターは、前記 N 1 個の第 1 撮像データに基づき、第 1 画像データを補正した第 1 補正画像データを生成し、前記第 1 補正画像データに基づいた第 1 投射画像を前記投射面に投射し、

前記表示システムが第 2 モードであるとき、

前記分光撮像装置は、前記投射画像を、前記分光素子の分光波長を異ならせて撮像した N 2 個の第 2 撮像データを生成し、

前記プロジェクターは、前記 N 2 個の第 2 撮像データに基づき、前記第 1 画像データを補正した第 2 補正画像データを生成し、前記第 2 補正画像データに基づいた第 2 投射画像を前記投射面に投射することを含み、

N 1 は 2 以上の整数であり、N 2 は N 1 よりも小さい整数である、表示システム。

【請求項 15】

画像データに基づいた投射画像を投射面に投射するプロジェクターであって、

前記プロジェクターが第 1 モードであるとき、

前記投射画像を分光撮像装置により、前記分光撮像装置の分光素子の分光波長を異ならせて撮像された N 1 個の第 1 撮像データを取得し、

前記 N 1 個の第 1 撮像データに基づき、第 1 画像データを補正した第 1 補正画像データを生成し、

前記第 1 補正画像データに基づいた第 1 投射画像を前記投射面に投射し、

前記プロジェクターが第 2 モードであるとき、

前記投射画像を分光撮像装置により、前記分光撮像装置の分光素子の分光波長を異ならせて撮像された N 2 個の第 2 撮像データを取得し、

前記 N 2 個の第 2 撮像データに基づき、前記第 1 画像データを補正した第 2 補正画像データを生成し、

前記第 2 補正画像データに基づいた第 2 投射画像を前記投射面に投射することを含み、

N 1 は 2 以上の整数であり、N 2 は N 1 よりも小さい整数である、プロジェクター。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、分光撮像装置の制御方法、分光撮像装置、コンピュータプログラム、表示システムの制御方法、プロジェクターの制御方法、表示システム、及びプロジェクターに関する。

【背景技術】

【0002】

例えば、特許文献 1 には、被検査物の画像を撮像し、撮像結果に基づき、画像を補正する技術が開示されている。また、特許文献 2 には、プロジェクターの投射画像を複数の原色にそれぞれ対応するバンドのフィルターを切り替えながら順次撮像し、撮像結果に基づいて補正データを算出することが記載されている。これらの技術は、異なる波長域の画像を多く撮像するほど、高精度な補正データを得やすくなる一方で撮像に要する時間が長くなる。特に、分光撮像装置（分光カメラとも称する）の場合、イメージセンサーの各画素で

高いS/N比を得るべく所定の露光時間を確保する必要があるため、画像補正に要する時間が長くなりやすい。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2011-24842号公報

【特許文献2】特開2005-20581号公報

【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、使用シーンによっては、いつも高いS/N比を得る必要がなく、簡易的なチェックを行いたいなど、高精度な補正データを必要としない場合、短時間で粗く測定するだけで良い場合もある。即ち、高精度な測定と、低精度な測定と、の両方を兼ね備えた分光撮像装置が求められている。

【課題を解決するための手段】

【0005】

分光撮像装置の制御方法は、撮像素子及び分光素子を備え、前記分光撮像装置が第1モードであるとき、前記分光撮像装置により、前記分光素子の出力波長を異ならせて対象物を撮像したN1個の波長からなる第1測定スペクトルを生成し、前記分光撮像装置が第2モードであるとき、前記分光撮像装置により、前記分光素子の出力波長を異ならせて前記対象物を撮像したN2個の波長からなる第2測定スペクトルを生成し、N1は2以上の整数であり、N2はN1よりも小さい整数である。

【0006】

分光撮像装置は、撮像素子及び分光素子を備え、前記分光撮像装置が第1モードであるとき、前記分光撮像装置により、前記分光素子の出力波長を異ならせて対象物を撮像したN1個の波長からなる第1測定スペクトルを生成し、前記分光撮像装置が第2モードであるとき、前記分光撮像装置により、前記分光素子の出力波長を異ならせて前記対象物を撮像したN2個の第2測定スペクトルを生成し、N1は2以上の整数であり、N2はN1よりも小さい整数である。

【0007】

コンピュータプログラムは、撮像素子及び分光素子を備える分光撮像装置による撮像データに基づき、対象物を特定するためのコンピュータプログラムであって、前記分光撮像装置の第1モードにおいて、出力波長を異ならせて前記対象物を撮像し、2以上の整数であるN1個の波長からなる第1測定スペクトルを生成する処理と、前記分光撮像装置の第2モードにおいて、出力波長を異ならせて前記対象物を撮像し、N1よりも小さい整数であるN2個の波長からなる第2測定スペクトルを生成する処理と、のうち少なくとも一方をコンピュータに実行させる。

【0008】

また、上記課題を解決する一態様は、撮像素子及び分光素子を備える分光撮像装置、並びに画像データに基づいた投射画像を投射面に投射するプロジェクターを含む表示システムの制御方法であって、前記表示システムが第1モードであるとき、前記投射画像を前記分光撮像装置により、前記分光素子の分光波長を異ならせて撮像したN1個の第1撮像データを生成し、前記プロジェクターにより、前記N1個の第1撮像データに基づき、第1画像データを補正した第1補正画像データを生成し、前記プロジェクターにより、前記第1補正画像データに基づいた第1投射画像を前記投射面に投射し、前記表示システムが第2モードであるとき、前記投射画像を前記分光撮像装置により、前記分光素子の分光波長を異ならせて撮像したN2個の第2撮像データを生成し、前記プロジェクターにより、前記N2個の第2撮像データに基づき、前記第1画像データを補正した第2補正画像データを生成し、前記プロジェクターにより、前記第2補正画像データに基づいた第2投射画像を前記投射面に投射することを含み、N1は2以上の整数であり、N2はN1よりも小さい

10

20

30

40

50

整数である。

【0009】

上記表示システムの制御方法において、前記N1個の第1撮像データに基づいて色に関する所定情報を測定し、測定結果に基づいて前記第1画像データを補正したデータが前記第1補正画像データであってもよい。

【0010】

上記表示システムの制御方法において、前記第2モードであるとき、N2個の第2撮像データから得られる前記所定の測定結果を、前記変換データに基づいて前記N1個の第1撮像データから得られる前記所定の測定結果に相当する情報に変換し、変換後の情報に基づいて前記第1画像データを補正したデータを、第2補正画像データとしてもよい。

10

【0011】

上記表示システムの制御方法において、前記プロジェクターにより、前記第1モード及び第2モードの選択肢を含むOSDメニューを含む投射画像を投射してもよい。

【0012】

上記表示システムの制御方法において、前記分光素子は、一对の反射膜と、前記一对の反射膜のギャップ寸法を変更可能なギャップ変更部を有し、前記撮像素子へ入射される光の光路上に配置された波長可変干渉フィルターでもよい。

【0013】

上記課題を解決する別の一態様は、画像データに基づいた投射画像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、前記プロジェクターが第1モードであるとき、前記投射画像を分光撮像装置により、前記分光撮像装置の分光素子の分光波長を異ならせて撮像されたN1個の第1撮像データを取得し、前記N1個の第1撮像データに基づき、第1画像データを補正した第1補正画像データを生成し、前記第1補正画像データに基づいた第1投射画像を前記投射面に投射し、前記プロジェクターが第2モードであるとき、前記投射画像を分光撮像装置により、前記分光撮像装置の分光素子の分光波長を異ならせて撮像されたN2個の第2撮像データを取得し、前記N2個の第2撮像データに基づき、前記第1画像データを補正した第2補正画像データを生成し、前記第2補正画像データに基づいた第2投射画像を前記投射面に投射することを含み、N1は2以上の整数であり、N2はN1よりも小さい整数である。

20

【0014】

上記課題を解決する別の一態様は、撮像素子及び分光素子を備える分光撮像装置、並びに画像データに基づいた投射画像を投射面に投射するプロジェクターを含む表示システムであって、前記表示システムが第1モードであるとき、前記分光撮像装置は、前記投射画像を、前記分光素子の分光波長を異ならせて撮像したN1個の第1撮像データを生成し、前記プロジェクターは、前記N1個の第1撮像データに基づき、第1画像データを補正した第1補正画像データを生成し、前記第1補正画像データに基づいた第1投射画像を前記投射面に投射し、前記表示システムが第2モードであるとき、前記分光撮像装置は、前記投射画像を、前記分光素子の分光波長を異ならせて撮像したN2個の第2撮像データを生成し、前記プロジェクターは、前記N2個の第2撮像データに基づき、前記第1画像データを補正した第2補正画像データを生成し、前記第2補正画像データに基づいた第2投射画像を前記投射面に投射することを含み、N1は2以上の整数であり、N2はN1よりも小さい整数である。

30

40

【0015】

上記課題を解決する別の一態様は、画像データに基づいた投射画像を投射面に投射するプロジェクターであって、前記プロジェクターが第1モードであるとき、前記投射画像を分光撮像装置により、前記分光撮像装置の分光素子の分光波長を異ならせて撮像されたN1個の第1撮像データを取得し、前記N1個の第1撮像データに基づき、第1画像データを補正した第1補正画像データを生成し、前記第1補正画像データに基づいた第1投射画像を前記投射面に投射し、前記プロジェクターが第2モードであるとき、前記投射画像を分光撮像装置により、前記分光撮像装置の分光素子の分光波長を異ならせて撮像されたN2

50

個の第2撮像データを取得し、前記N2個の第2撮像データに基づき、前記第1画像データを補正した第2補正画像データを生成し、前記第2補正画像データに基づいた第2投射画像を前記投射面に投射することを含み、N1は2以上の整数であり、N2はN1よりも小さい整数である。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】第1実施形態の分光撮像装置の構成を示すブロック図。

【図2】撮像装置の構成を示す断面図。

【図3】動作モードの具体例を示す図。

【図4】高精度モードにおける鮮度判定の手順を示すフローチャート。

10

【図5】高速モードにおける鮮度判定の手順を示すフローチャート。

【図6】最適モードにおける鮮度判定の手順を示すフローチャート。

【図7】鮮度が相違する場合の光の波長と反射率との関係を示すグラフ。

【図8】変形例の分光素子の構成を示す断面図。

【図9】第2実施形態の表示システムの構成を示すブロック図。

【図10】分光撮像部の概略構成図。

【図11】高精度モード及び高速モードの具体例を示す図。

【図12】表示システムの動作を示すフローチャート。

【図13】表示システムの構成を変更した図。

【図14】第3実施形態の表示システムの構成を示すブロック図。

20

【図15】表示システムの構成を変更した図。

【発明を実施するための形態】

【0017】

[第1実施形態]

以下、添付図面を参照しながら実施形態について説明する。

まず、図1を参照しながら、分光撮像装置400Aの構成を説明する。

【0018】

図1に示すように、分光撮像装置400Aは、例えば、対象物Tである緑色野菜（例えば、ほうれん草、こまつな、ピーマン等）の鮮度を判定するためのものである。分光撮像装置400Aは、撮像装置10と、表示装置30と、記憶装置40と、処理装置50と、を備えている。

30

【0019】

撮像装置10は、入射光学系11と、分光素子12と、撮像素子13と、光源ユニット14と、を備えている。入射光学系11は、例えば、オートフォーカス機構を備えている。分光素子12は、例えば、波長選択フィルターであり、透過波長帯域を変更可能なファブリペロー型のフィルターが用いられている。

【0020】

撮像素子13は、図示しない第1撮像素子及び第2撮像素子を備えている。第1撮像素子は、CCD（Charge Coupled Device）であり、分光素子12を透過した光を光電変換して対象物を表す電気信号を得る撮像デバイスである。第2撮像素子は、例えば、CCDAFE（Analog Front End）であり、第1撮像素子の検出信号をデジタル化するためのものである。光源ユニット14は、対象物Tを照射するためのものである。

40

【0021】

撮像装置10では、処理装置50から複数の測定帯域（マルチバンド）の指示を分光素子12において順に受けることで、分光素子12の透過波長域が順に変更される。こうして、撮像装置10は、複数の波長帯域の感度で対象物Tの撮像を行う。

【0022】

表示装置30は、画面に情報を表示するための装置である。記憶装置40は、データを記憶するための外部装置であり、例えば、ハードディスクドライブ装置である。

【0023】

50

処理装置 50 は、撮像装置 10 で撮像して得られた撮像データを処理することで、対象物 T の鮮度を判定する装置である。処理装置 50 は、コンピューターとして機能する制御部 60 及び処理部 70 と、記憶部 80 と、を備えている。

【0024】

制御部 60 は、1 つ又は複数のプロセッサを備えて構成され、例えば、記憶部 80 に記憶されている制御プログラムに従って動作することにより、分光撮像装置 400A の動作を統括制御する。

【0025】

処理部 70 は、コンピュータープログラムとしての制御プログラムを実行することにより、種々の処理を行う。記憶部 80 は、RAM (Random Access Memory) 及び ROM (Read Only Memory) 等のメモリーを備えて構成される。RAM は、各種データ等の一時記憶に用いられ、ROM は、分光撮像装置 400A の動作を制御するための制御プログラムや制御データ等を記憶する。

10

【0026】

記憶部 80 は、測定帯域データ記憶部 81 と、設定データ記憶部 82 と、変換データ記憶部 83 と、を有する。また、記憶部 80 は、図示はしないが、鮮度判定用プログラムを格納している。これら記憶部 80 に格納するデータについては、後ほど詳細に説明する。

【0027】

なお、処理部 70 は、記憶部 80 に格納された鮮度判定用プログラムを実行することで、測定帯域指示部 71 の処理を実行する。処理部 70 は、対応する記憶部 80 に保存されたデータやパラメーターを用いて各処理を実行する。

20

【0028】

制御部 60 の撮像制御部 61 は、撮像装置 10 に撮像を実行させる。この場合、撮像制御部 61 は、設定データ記憶部 82 内の設定データに基づいて、第 1 モードとしての高精度モード M1、第 2 モードとして的高速モード M2、最適モード M3 の撮像条件を設定する。

【0029】

各処理の結果、処理装置 50 は、撮像装置 10 で得られる撮像データを取得し、撮像データから対象物 T の鮮度を判定し、その判定結果を、表示装置 30 及び記憶装置 40 に送信する。この結果、鮮度判定の結果が表示装置 30 に表示され、記憶装置 40 に保存される。

30

【0030】

次に、図 2 を参照しながら、撮像装置 10 の構成を説明する。

【0031】

撮像装置 10 は、外界光が入射される入射光学系 11、入射光を分光する分光素子 12、及び分光素子 12 により分光された光を撮像する撮像素子 13 を備える。入射光学系 11 は、例えば、テレセントリック光学系等により構成され、光軸と主光線とが平行又は略平行となるように入射光を分光素子 12 及び撮像素子 13 に導く。

【0032】

分光素子 12 には、一对の基板 14a、14b と、互いに対向する一对の反射膜 15、16 と、これらの反射膜 15、16 のギャップ寸法を変更可能なギャップ変更部 17 とを備える、波長可変干渉フィルターが使用される。ギャップ変更部 17 は、例えば、静電アクチュエーターにより構成される。波長可変干渉フィルターは、エタロンとも呼ばれる。この分光素子 12 は、撮像素子 13 へ入射される光の光路上に配置される。

40

【0033】

分光素子 12 は、処理装置 50 の制御によりギャップ変更部 17 に印加される電圧を変更することで、反射膜 15、16 のギャップ寸法を変更し、反射膜 15、16 を透過する光の波長である出力波長 i ($i = 1, 2, \dots, N$) を変更する。

【0034】

撮像素子 13 は、分光素子 12 を透過した光を撮像する装置であり、例えば、CCD や C

50

MOS等によって構成される。撮像装置10は、制御部60の制御に従って分光素子12が分光する光の波長を順次切り替え、分光素子12を透過した光を撮像素子13により撮像して撮像データを出力する。

【0035】

撮像データは、撮像素子13を構成する画素ごとに出力されるデータであり、当該画素が受光した光の強度、すなわち、光量を示すデータである。撮像装置10が出力した撮像データは、処理装置50に入力される。撮像装置10は、波長走査型であるので、波長分散型の場合と比べ、高い解像度の撮像データを得ることができる。

【0036】

次に、図3を参照しながら、測定するときの動作状態を規定する動作モードについて説明する。以下では、用語「分光スペクトル」は単に「スペクトル」と表記されることがある。

10

【0037】

図3に示すように、動作モードには、高精度モードM1と、高速モードM2と、最適モードM3と、がある。高精度モードM1は、分光素子12が分光する光の波長（出力波長 i ）の数を相対的に多い $N1$ 個にすることで、高精度な測定を可能にする動作モードである。これに対し、高速モードM2は、分光素子12が分光する光の波長（出力波長 i ）の数を $N1$ 個よりも小さい $N2$ 個にすることで、測定に要する時間を短縮する動作モードである。また、最適モードM3は、分光素子12が分光する光の波長（出力波長 i ）の数を、選択的に多くしたり少なくしたりすることにより、測定に要する時間を、高精度モードM1と高速モードM2との略中間にする動作モードである。

20

【0038】

具体的には、高精度モードM1は、図3に示すように、例えば、出力波長 i を $400\text{ nm} \sim 700\text{ nm}$ の範囲において 10 nm 刻みで設定しており、測定波長数である $N1$ は 31 個である。高精度モードM1は、例えば、多種類の混合物から特定物質の濃度を高精度に測定したい場合、また、測定したい対象物Tが複数ある場合、また、対象物Tの分光スペクトルが急峻なピーク形状を持つ場合、また、対象物Tの分光スペクトルの形状が未知の場合、などのときに選択することが好ましい。

【0039】

また、高速モードM2は、図3に示すように、例えば、出力波長 i を $400\text{ nm} \sim 680\text{ nm}$ の範囲において 40 nm 刻みで設定しており、測定波長数である $N2$ は 8 個である。高速モードM2は、例えば、低精度の測定でよくタクトタイムの短さを重視する場合、また、対象物Tの分光スペクトルの形状がなだらかな場合、また、対象物Tの分光スペクトルの形状が既知であり、特定の少数の波形を見ればよいという場合、などのときに選択することが好ましい。

30

【0040】

また、最適モードM3は、図3に示すように、例えば、出力波長 i を $400\text{ nm} \sim 600\text{ nm}$ の範囲において 40 nm 刻みで設定し測定波長数を 5 個とし、更に、出力波長 i を $600\text{ nm} \sim 700\text{ nm}$ の範囲において 10 nm 刻みで設定し測定波長数を 11 個とする。最適モードM3は、例えば、対象物Tの分光スペクトルの形状が既知であり、どの波長を細かく見ればよいか、どこの波長を間引けるかわかっている場合、また、最初に高精度モードM1で測定し、その情報から測定する出力波長 i を選択する場合、などのときに選択することが好ましい。

40

【0041】

いずれの動作モードも、撮像素子13で十分な S/N 比を得ることが可能な露光時間に設定され、高精度な撮像データを得ることができる。例えば、露光時間を 60 msec に設定した場合、高精度モードM1での測定時間は 2.07 秒となり、高速モードM2での測定時間は 0.53 秒となり、最適モードM3での測定時間は 1.06 秒となる。なお、 $N1$ は 2 以上の整数であり、 $N2$ は $N1$ よりも小さい整数の範囲であれば、 $N1$ 、 $N2$ の値は適宜に変更可能である。また、高精度モードM1は第1モードの一例であり、高速モー

50

ドM2は第2モードの一例である。

【0042】

次に、図4～図6を参照しながら、各動作モードM1、M2、M3に応じた緑色野菜の鮮度を判定する方法を説明する。

【0043】

まず、図4を参照しながら、高精度モードM1で対象物Tの鮮度を判定する方法を説明する。例えば、表示装置30に設けられた操作パネル(図示せず)を操作して、高精度モードM1での測定を選択する。

【0044】

ステップS11では、データベースを生成及び保存する。具体的には、鮮度判定に必要なデータベースを生成し、そのデータベースを処理装置50の記憶部80に保存する。ここで言うデータベースとは、処理装置50における記憶部80(図1参照)に保存される各種データに相当する。

【0045】

データベースとしての各種データについて、その内容と生成方法を説明する。各種データは、測定帯域データである。なお、データベースの生成及び保存は、分光撮像装置400Aの工場出荷前に行ってもよいし、鮮度が既知の対象物Tを使用する場合には省略してもよい。また、手順の一部を作業者が行ってもよい。

【0046】

また、設定データは、処理部70が実行する各種処理の処理条件を設定したデータであり、例えば、N1、N2を含む各動作モードM1、M2、M3の撮像条件を含むデータである。

【0047】

変換データとしては、以下の式(1)の変換行列Mを採用することができる。pは、高精度モードM1のときの測定スペクトル(第1測定スペクトル)を表すベクトルであり、本実施形態では31要素からなる。xは、高速モードM2のときの測定スペクトルを表すベクトルであり、本実施形態では8要素からなる。変換行列Mは、m2個の波長からなるスペクトルからm1個のスペクトルからなるスペクトルを推定するように決定されている。この変換データ(変換行列M)により、高速モードM2で得られた測定スペクトル(第2測定スペクトル)から、高精度モードM1で得られるであろう測定スペクトルを推定することができる。変換行列Mの導出の仕方としては、特開2012-242270号公報に記載の方法を採用することができる。また、式(1)は、本実施形態では画素ごとに成り立っている。

$$p = M \times \dots (1)$$

【0048】

なお、他の実施形態では、高精度モードM1で得られる測定スペクトルpを、さらに高精度な(例えば31より多い波長で測定する)分光装置で得られる測定スペクトルに近似するための変換行列Mqを用いて、対象物のスペクトルを推定してもよい。変換行列Mqの決定の仕方も、特開2012-242270号公報に記載の方法が採用され得る。高速モードM2の場合についても同様である。なお、本実施形態の「測定スペクトル」とは、撮像素子13の任意の画素(又は画素群)が出力する輝度値を、波長に沿って並べたものである。

【0049】

次に、測定帯域データについて説明する。緑色野菜は、古くなると、クロロフィル(葉緑素)が分解されて鮮やかな緑色が消える。このことから、緑色野菜の鮮度は、クロロフィルの量から判定可能なことが判る。本実施形態では、クロロフィルの量を対象物Tの特徴量として推定することで、対象物Tである緑色野菜の鮮度を判定する。

【0050】

ここで、図7を参照しながら、鮮度が相違する緑色野菜において、光の波長と反射率との関係を説明する。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 1 】

図 7 に示すように、新鮮な野菜（あるいは、やや萎びた野菜）は、約 7 0 0 n m 辺りでクロロフィルによる光の吸収が起こる。このため、クロロフィルによる光の吸収が起こる波長（約 7 0 0 n m）を含む 5 0 0 n m ~ 1 1 0 0 n m の範囲内の複数の波長を、測定帯域として撮像装置 1 0 に指示するために、測定帯域データとして記憶する。

【 0 0 5 2 】

図 4 に戻り、ステップ S 1 2 では、撮像条件である出力波長 λ_i を取得する。具体的には、制御部 6 0 は、設定データ記憶部 8 2 に含まれる高精度モード M 1 の撮像条件を取得する。

【 0 0 5 3 】

具体的には、例えば、4 0 0 n m ~ 7 0 0 n m まで 1 0 n m 刻みで 3 1 個の測定帯域データを取得する。測定帯域データとしては、例えば、4 0 0 n m、4 1 0 n m、4 2 0 n m、...、7 0 0 n m である。

【 0 0 5 4 】

なお、上記測定帯域データは、1 0 n m 間隔の 3 1 個である必要は必ずしもなく、2 0 n m 間隔でもよい。また、波長の範囲は、4 0 0 n m ~ 7 0 0 n m までに限定されず、3 5 0 n m ~ 1 1 0 0 n m の範囲でもよい。

【 0 0 5 5 】

ステップ S 1 3 では、対象物 T を撮像する。具体的には、撮像制御部 6 1 は、撮像装置 1 0 を制御して、取得した撮像条件に従って出力波長 λ_i を異ならせて、対象物 T を撮像する。

【 0 0 5 6 】

ステップ S 1 4 では、N 1 個の撮像データを生成する。具体的には、分光素子 1 2 の出力波長 λ_i を順に異ならせて撮像した N 1 個の撮像データを生成する。本実施形態の N 1 個の撮像データは、3 1 個の撮像データである。本実施形態では、3 1 個の撮像データが第 1 分光スペクトルを表す。

【 0 0 5 7 】

ステップ S 1 5 では、鮮度判定をする。具体的には、処理装置 5 0 は、撮像装置 1 0 から出力される撮像データから、対象物 T の鮮度を判定する。

【 0 0 5 8 】

ステップ S 1 6 では、結果を表示、及び保存する。具体的には、ステップ S 1 5 で得られた鮮度判定結果を表示装置 3 0 及び記憶装置 4 0 に出力する。

【 0 0 5 9 】

このように、対象物 T としての緑色野菜の鮮度判定を高精度モード M 1 で実施することにより、例えば、厳密な測定を行うことが可能となり、少しでも萎びている部分があれば、鮮度不良と判定することができる。これにより、例えば、新鮮な野菜のみを選別することができる。

【 0 0 6 0 】

次に、図 5 を参照しながら、高速モード M 2 で対象物 T の鮮度を判定する方法を説明する。例えば、表示装置 3 0 に設けられた操作パネル（図示せず）を操作して、高速モード M 2 での測定を選択する。

【 0 0 6 1 】

まず、高精度モード M 1 と同様に、ステップ S 1 1 では、データベースを生成、及び保存する。

【 0 0 6 2 】

次に、ステップ S 2 1 では、撮像条件である出力波長 λ_i を取得する。具体的には、制御部 6 0 は、設定データ記憶部 8 2 に含まれる高速モード M 2 の撮像条件を取得する。

【 0 0 6 3 】

具体的には、例えば、4 0 0 n m ~ 6 8 0 n m まで 4 0 n m 刻みで 8 個の測定帯域データを取得する。測定帯域データとしては、例えば、4 0 0 n m、4 4 0 n m、4 8 0 n m、

10

20

30

40

50

...、680nmである。

【0064】

なお、上記測定帯域データは、40nm間隔の8個である必要は必ずしもなく、高精度モードM1よりも短時間で測定できることが好ましく、測定間隔を変えたり、波長の範囲を変えたりしてもよい。

【0065】

ステップS22では、対象物Tを撮像する。具体的には、撮像制御部61は、撮像装置10を制御して、取得した撮像条件に従って出力波長 λ_i を異ならせて、対象物Tを撮像する。

【0066】

ステップS23では、N2個の撮像データを生成する。具体的には、分光素子12の出力波長 λ_i を順に異ならせて撮像したN2個の撮像データを生成する。本実施形態のN2個の撮像データは、8個の撮像データである。

【0067】

ステップS24では、オプションとして、第2分光スペクトルとしての分光スペクトルを推定する。具体的には、記憶部80の変換データ記憶部83に記憶された変換データMに基づいて、N1個の撮像データから得られる分光スペクトルを推定する。

【0068】

以降、ステップS25、及びステップS26を、高精度モードM1でのステップS15及びステップS16と同様に行う。

【0069】

上記したように、高精度モードM1のときのN1個の撮像データから得られる色の分光スペクトル結果と、高速モードM2のときのN2個の撮像データから得られる色の分光スペクトル結果とを対応づける変換データを予め取得している。よって、高速モードM2であるとき、N2個の撮像データから得られる色の分光スペクトル結果を、変換データに基づいて、N1個の撮像データから得られる色の分光スペクトル結果に相当する情報に変換する。そして、変換後の情報に基づいて入力した撮像データを、補正後の撮像データとしている。これにより、相対的に少ない数の撮像データだけで分光スペクトルを推定した場合に生じる各色のピーク波長のずれ等を許容範囲にし、測定精度を十分に維持し、適正な補正を行うことができる。

【0070】

このように、対象物Tとしての緑色野菜の鮮度判定を高速モードM2で実施することにより、例えば、高精度モードM1の場合と比べて、短時間で鮮度判定することが可能となり、おおまかな鮮度判定でもよい場合は、測定の効率化を図ることができる。

【0071】

次に、図6を参照しながら、最適モードM3で鮮度を判定する方法を説明する。例えば、表示装置30に配置された操作パネルを操作して最適モードM3を選択する。

【0072】

ステップS31では、鮮度判定処理が1回目か否かを判定する。1回目の測定であれば、ステップS32に処理を移行する。2回目以上の測定であれば、ステップS33に処理を移行する。

【0073】

ステップS32では、図4に示すフローと同様に、高精度モードM1で鮮度測定を行う。2回目以上の測定の場合は、既にステップS32の処理を実施しているため、ステップS33に移行する。

【0074】

次に、ステップS33では、撮像条件である出力波長 λ_i を取得する。具体的には、制御部60は、設定データ記憶部82に含まれる最適モードM3の撮像条件を取得する。

【0075】

具体的には、例えば、400nm~600nmまで40nm刻みで5個の測定帯域データ

10

20

30

40

50

を取得する。測定帯域データとしては、例えば、400 nm、440 nm、... nm、600 nmである。更に、600 nm～700 nmまで10 nm刻みで11個の測定帯域データを取得する。測定帯域データとしては、例えば、600 nm、610 nm、... nm、700 nmである。

【0076】

なお、測定帯域データは、上記に限定されるものでない。例えば、高精度モードM1で得られた第1分光スペクトル、及び高速モードM2で得られた第2分光スペクトルの少なくとも一方の分光スペクトルに基づいて、出力波長 λ_i の間隔を異ならせてもよい（言い換えれば、不等間隔にしてもよい）。ここでは、第1分光スペクトルに基づいて出力波長 λ_i の間隔を異ならせてもよい。

10

【0077】

例えば、図7に示すように、反射率の変化が大きい波長帯（言い換えれば、分光スペクトルの起伏の大きい波長帯）、例えば、500 nm～600 nmの範囲を10 nm刻みで測定したり、700 nm～800 nmの範囲を10 nm刻みで測定したりするように設定してもよい。また、それ以外の波長帯（言い換えれば、分光スペクトルがフラットな波長帯）では、40 nm刻みで測定するようにしてもよい。また、測定する波長の間隔も、40 nm刻みや10 nm刻みに限定されない。このように測定することにより、高精度モードM1よりも短時間、かつ、精度低下が抑制された測定を行うことができる。

【0078】

ステップS34では、対象物Tを撮像する。具体的には、撮像制御部61は、撮像装置10を制御して、取得した撮像条件に従って出力波長 λ_i を異ならせて、対象物Tを撮像する。

20

【0079】

ステップS35では、撮像データを生成する。具体的には、分光素子12の出力波長 λ_i を順に異ならせて撮像した撮像データを生成する。本実施形態では、例えば、16個の撮像データである。

【0080】

ステップS36では、上記計算式に基づいて、分光スペクトルを推定する。これにより、設定した波長ごと（色ごと）の分光スペクトルの画像が得られる。

【0081】

以降、ステップS37、及びステップS38を、高精度モードM1でのステップS15、及びステップS16と同様に行う。

30

【0082】

このように、対象物Tとしての緑色野菜の鮮度判定を最適モードM3で実施することにより、例えば、高精度モードM1の場合と比べて、鮮度判定に大きく影響する波長帯がわかっているため、その波長帯を細かく測定し、それ以外の部分は、荒く測定することができる。これにより、高精度モードM1と比較して、短時間で鮮度判定することができると共に、測定精度が低下することを抑えることができる。その結果、測定の効率化を図ることができる。

【0083】

以上述べたように、本実施形態の分光撮像装置400Aの制御方法は、撮像素子13及び分光素子12を備え、分光撮像装置400Aが高精度モードM1であるとき、分光撮像装置400Aにより、分光素子12の出力波長 λ_i を異ならせて対象物Tを撮像したN1個の波長からなる第1測定スペクトルを生成し、分光撮像装置400Aが高速モードM2であるとき、分光撮像装置400Aにより、分光素子12の出力波長 λ_i を異ならせて対象物Tを撮像したN2個の波長からなる第2測定スペクトルを生成し、N1は2以上の整数であり、N2はN1よりも小さい整数である。

40

【0084】

この方法によれば、N1は2以上の整数であり、N2はN1よりも小さい整数であるので、厳密な測定の場合に、高精度モードM1で対応できる。一方、簡易的な測定の場合に、

50

高速モードM2にすることで、高精度モードM1の場合と比べて、短時間で対象物Tを測定することができる。したがって、様々なシーンの測定に関して、ユーザーの利便性や効率性を向上させることが可能となり、高精度な測定と低精度な測定とを選択的に行うことができる。

【0085】

また、高精度モードM1で生成された第1測定スペクトル、または、高速モードM2で生成された第2測定スペクトルに基づいて、対象物Tのスペクトルを導出する、つまり推定することが好ましい。

【0086】

この方法によれば、第1測定スペクトルや第2測定スペクトルに基づいて、対象物Tのスペクトルを導出、即ち推定するので、N1個の撮像データやN2個の撮像データから得られる分光スペクトルとほぼ同じ波長に各色のピーク波長が位置する分光スペクトルを導出することができる。

10

【0087】

また、N2個の波長からなるスペクトルからN1個の波長からなるスペクトルを推定する変換データを用いて、高速モードM2で得られた第2測定スペクトルを変換することで、対象物Tのスペクトルを推定することが好ましい。

【0088】

この方法によれば、変換データを予め取得するので、N1個よりも小さいN2個の撮像データから、N1個に相当する撮像データを求めることができる。

20

【0089】

また、対象物Tのスペクトルは、高精度モードM1で得られた第1測定スペクトルと、高速モードM2で得られた第2測定スペクトルと、を有し、第1測定スペクトル及び第2測定スペクトルの少なくとも一方に基づいて、出力波長 i の間隔を異ならせることが好ましい。

【0090】

この方法によれば、例えば、スペクトルがフラットな波長帯は1個や2個の撮像データを取得し、ピークのあるスペクトルの波長帯では細かく撮像データを取得するなど、スペクトルの形状から間引ける波長帯を選定することにより、撮像データの精度を抑制すると共に、効率のよい測定を行うことができる。

30

【0091】

また、分光素子12は、一对の反射膜15, 16と、一对の反射膜15, 16のギャップ寸法を変更可能なギャップ変更部17を有し、撮像素子13へ入射される光の光路上に配置された波長可変干渉フィルターであることが好ましい。

【0092】

この方法によれば、波長可変干渉フィルターを用いるので、例えば、波長分散型の場合と比べ、高い解像度を有したまま、高精度な測定から短時間の測定までを行うことができる。

【0093】

分光撮像装置400Aは、撮像素子13及び分光素子12を備え、分光撮像装置400Aが高精度モードM1であるとき、分光撮像装置400Aにより、分光素子12の出力波長 i を異ならせて対象物Tを撮像したN1個の波長からなる第1測定スペクトルを生成し、分光撮像装置400Aが高速モードM2であるとき、分光撮像装置400Aにより、分光素子12の出力波長 i を異ならせて対象物Tを撮像したN2個の第2測定スペクトルを生成し、N1は2以上の整数であり、N2はN1よりも小さい整数である。

40

【0094】

この構成によれば、N1は2以上の整数であり、N2はN1よりも小さい整数であるので、厳密な測定の場合に、高精度モードM1で対応できる。一方、簡易的な測定の場合に、高速モードM2にすることで、高精度モードM1の場合と比べて、短時間で対象物Tを測定することができる。したがって、様々なシーンの測定に関して、ユーザーの利便性や効

50

率性を向上させることが可能となり、高精度な測定と低精度な測定とを選択的に行うことができる。

【0095】

コンピュータプログラムは、撮像素子13及び分光素子12を備える分光撮像装置400Aによる撮像データに基づき、対象物Tを特定するためのコンピュータプログラムであって、分光撮像装置400Aの高精度モードM1において、出力波長 λ_i を異ならせて対象物Tを撮像し、2以上の整数であるN1個の波長からなる第1測定スペクトルを生成する処理と、分光撮像装置400Aの高速モードM2において、出力波長 λ_i を異ならせて対象物Tを撮像し、N1よりも小さい整数であるN2個の波長からなる第2測定スペクトルを生成する処理と、のうち少なくとも一方を処理部70としてのコンピュータに実行させる。

10

【0096】

このコンピュータプログラムによれば、N1は2以上の整数であり、N2はN1よりも小さい整数であるので、厳密な測定の場合に、高精度モードM1で対応できる。一方、簡易的な測定の場合に、高速モードM2にすることで、高精度モードM1の場合と比べて、短時間で対象物Tを測定することができる。したがって、様々なシーンの測定に関して、ユーザーの利便性や効率性を向上させることが可能となり、高精度な測定と低精度な測定とを選択的に行うことができる。

【0097】

以下、上記実施形態の変形例を説明する。

20

【0098】

なお、分光素子12は、上記した構成に限定されず、図8に示すような構成でもよい。図8は、変形例の分光素子112の構造を示す断面図である。変形例の分光素子112は、第1基板101と、第2基板102と、第3基板103と、によって構成されている部分が、上記実施形態の分光素子12と異なっている。

【0099】

図8に示すように、変形例の分光素子112は、上記したように、第1基板101と、第2基板102と、第3基板103とが、例えば、接合層106を介して接合されている。第2基板102と第3基板103とにおける互いに対向する面には、一对の反射膜104が配置されている。第1基板101と第2基板102とにおける互いに対向する面には、反射膜104のギャップ寸法を変更することが可能な静電アクチュエータ105が配置されている。このような構造においても、上記分光素子12と同様な機能を有する分光素子112を提供することができる。

30

【0100】

また、上記実施形態の最適モードM3は、1回目の測定の際に、高精度モードM1で測定を行ってから、最適モードM3の撮像条件を取得して対象物Tの撮像を行っていたが、これに限定されない。例えば、既に高精度モードM1で測定を行った際の各種情報を得ていれば、1回目の測定であっても、ステップS33（図6参照）から処理を開始するようにしてもよい。

【0101】

上記したように、分光撮像装置400Aを野菜などの対象物Tの鮮度判定に用いていたが、これに限定されず、例えば、色の判定として樹脂や金属で構成された外装部品、印刷物、染色された繊維、ディスプレイなどの表示体に用いるようにしてもよい。また、分光による成分分析として、水分や有機物の有無、濃度検量などが挙げられる。また、これらに限定されず、分光によって特定できる全てを対象とする。また、分光撮像装置400Aを用いたアプリケーション例としては、プリンター用の測色器、画質検査カメラなどが挙げられる。画質検査カメラとしては、色検査、シミや汚れ（付着物）検査などが挙げられる。

40

【0102】

[第2実施形態]

50

以下、添付図面を参照しながら表示システムの実施形態について説明する。

図 9 は、プロジェクター 100 を有する表示システム 1 の構成を示すブロック図である。この表示システム 1 では、分光撮像装置に相当する構成をプロジェクター 100 に一体に設けている。分光撮像装置は、分光カメラとも称し、後述する分光撮像部 137 等のハードウェアに限定されず、分光撮像装置の動作を実現するためのソフトウェアやプロセッサを含んでいる。

【0103】

プロジェクター 100 は、画像光を生成して投射面を構成するスクリーン SC に投射する画像投射系、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系、スクリーン SC に表示された画像光を撮像する分光撮像部 137 を備えている。また、プロジェクター 100 は、画像投射系、画像処理系、及び分光撮像部 137 を制御する制御部 150 を備えている。

10

【0104】

[画像投射系]

画像投射系は、投射部 110 及び駆動部 120 を備える。投射部 110 は、投射画像に相当する画像を表示する表示部の一例である。投射部 110 は、光源 111、光変調装置 113 及び光学ユニット 117 を備える。駆動部 120 は、光源駆動回路 121 及び光変調装置駆動回路 123 を備える。光源駆動回路 121 及び光変調装置駆動回路 123 は、バス 180 に接続され、同じくバス 180 に接続されたプロジェクター 100 の他の構成部分と、バス 180 を介して相互にデータ通信を行う。他の構成部分とは、例えば、図 9 に示す制御部 150 や画像処理部 143 等が該当する。

20

【0105】

光源 111 には、LED (Light Emitting Diode) やレーザー光源等の固体光源が用いられる。また、光源 111 として、ハロゲンランプ、キセノンランプ、超高圧水銀ランプ等のランプを用いることも可能である。光源 111 には、光源駆動回路 121 が接続される。光源駆動回路 121 は、光源 111 に駆動電流やパルスを供給して光源 111 を点灯させ、供給される駆動電流やパルスを停止して光源 111 を消灯させる。

【0106】

光変調装置 113 は、光源 111 が発する光を変調して画像光を生成する光変調素子を備える。光変調素子には、例えば、透過型や反射型の液晶パネルや、デジタルミラーデバイス等を用いることができる。本実施形態では、光変調装置 113 が光変調素子として透過型の液晶パネル 115 を備える場合を例に説明する。光変調装置 113 は、赤色、緑色、青色の 3 原色に対応して 3 枚の液晶パネル 115 を備える。液晶パネル 115 により変調された光は、画像光として光学ユニット 117 に入射される。以下では、赤色を「R」、緑色を「G」、青色を「B」と表記する。

30

【0107】

光変調装置 113 には、光変調装置駆動回路 123 が接続される。光変調装置駆動回路 123 は、光変調装置 113 を駆動して液晶パネル 115 にフレーム単位で画像を描画する。光学ユニット 117 は、レンズやミラー等の光学素子を備え、光変調装置 113 により変調された画像光をスクリーン SC に向けて投射する。スクリーン SC には、光学ユニット 117 により投射された画像光に基づく画像が結像する。投射部 110 が投射した画像光によりスクリーン SC に結像した画像を投射画像という。

40

【0108】

[操作入力系]

プロジェクター 100 は、操作パネル 131、リモコン受光部 133 及び入力インターフェイス 135 を備える。入力インターフェイス 135 は、バス 180 に接続され、バス 180 を介して制御部 150 等と相互にデータ通信を行う。操作パネル 131 は、例えば、プロジェクター 100 の筐体に配置され、各種のスイッチを備える。操作パネル 131 のスイッチが操作されると、入力インターフェイス 135 は、操作されたスイッチに対応し

50

た操作信号を制御部 150 に出力する。

【0109】

リモコン受光部 133 は、リモートコントローラ（リモコン）により送信される赤外線信号を受光する。リモコン受光部 133 は、受光した赤外線信号に対応した操作信号を出力する。入力インターフェイス 135 は、入力された操作信号を制御部 150 に出力する。この操作信号は、操作されたリモートコントローラのスイッチに対応した信号である。

【0110】

[分光撮像部]

分光撮像部 137 は、投射部 110 によりスクリーン SC に表示された投射画像を撮像して分光撮像データを出力する。 10

【0111】

図 10 は、分光撮像部 137 の概略構成図である。分光撮像部 137 は、本発明の「分光撮像装置」の一例である。分光撮像部 137 は、外界光が入射される入射光学系 301、入射光を分光する分光素子 302、及び、分光素子 302 により分光された光を撮像する撮像素子 303 を備える。

【0112】

入射光学系 301 は、例えば、テレセントリック光学系等により構成され、光軸と主光線とが平行又は略平行となるように入射光を分光素子 302 及び撮像素子 303 に導く。分光素子 302 には、互いに対向する一对の反射膜 304、305 と、これらの反射膜 304、305 のギャップ寸法を変更可能なギャップ変更部 306 とを備える波長可変干渉フィルターが使用される。ギャップ変更部 306 は、例えば、静電アクチュエーターにより構成される。波長可変干渉フィルターは、エタロンとも呼ばれる。この分光素子 302 は撮像素子 303 へ入射される光の光路上に配置される。 20

【0113】

分光素子 302 は、制御部 150 の制御によりギャップ変更部 306 に印加される電圧を変更することで、反射膜 304、305 のギャップ寸法を変更し、反射膜 304、305 を透過する光の波長である分光波長 i ($i = 1, 2, \dots, N$) を変更可能である。撮像素子 303 は、分光素子 302 を透過した光を撮像する装置であり、例えば、CCD や CMOS 等によって構成される。分光撮像部 137 は、制御部 150 の制御に従って分光素子 302 が分光する光の波長を順次切り替え、分光素子 302 を透過した光を撮像素子 303 により撮像して分光撮像データを出力する。分光撮像データは、撮像素子 303 を構成する画素ごとに出力されるデータであり、当該画素が受光した光の強度、すなわち光量を示すデータである。分光撮像部 137 が出力した分光撮像データは、制御部 150 に入力される。この分光撮像部 137 は波長走査型であるので、波長分散型の場合と比べ、高い解像度の分光撮像データを得やすくなる。 30

【0114】

[通信部]

図 9 に示すように、プロジェクター 100 は、通信部 139 を備える。通信部 139 は、バス 180 に接続される。通信部 139 は、後述する図 14 に示すように、複数台のプロジェクター 100 を接続した場合に、プロジェクター 100 間で相互にデータ通信を行う場合のインターフェイスとして機能する。本実施形態の通信部 139 は、ケーブルを接続する有線インターフェイスであるが、無線 LAN や Bluetooth 等の無線通信を実行する無線通信インターフェイスであってもよい。「Bluetooth」は登録商標である。 40

【0115】

[画像処理系]

次に、プロジェクター 100 の画像処理系について説明する。

図 9 に示すように、プロジェクター 100 は、画像処理系として画像インターフェイス 141、画像処理部 143、及びフレームメモリー 145 を備える。画像処理部 143 は、 50

バス 180 に接続され、バス 180 を介して制御部 150 等と相互にデータ通信を行う。

【0116】

画像インターフェイス 141 は、画像信号を受信するインターフェイスであり、ケーブル 3 が接続されるコネクタ、及びケーブル 3 を介して画像信号を受信するインターフェイス回路を備える。画像インターフェイス 141 は、受信した画像信号から画像データや同期信号を取り出し、取り出した画像データ及び同期信号を画像処理部 143 に出力する。また、画像インターフェイス 141 は、制御部 150 に同期信号を出力する。制御部 150 は、同期信号に同期してプロジェクター 100 の他の構成部分を制御する。画像処理部 143 は、同期信号に同期して画像データに画像処理を行う。

【0117】

画像インターフェイス 141 には、画像供給装置 200 がケーブル 3 を介して接続される。画像供給装置 200 は、例えば、ノート型 PC (Personal Computer)、デスクトップ型 PC、タブレット端末、スマートフォン、PDA (Personal Digital Assistant) を用いることができる。また、画像供給装置 200 は、ビデオ再生装置、DVD プレーヤー、ブルーレイディスクプレーヤー等であってもよい。また、画像インターフェイス 141 に入力される画像信号は、動画画であっても静止画像であってもよく、データのフォーマットは任意である。なお、ケーブル 3 を用いた有線接続に限定されず、無線通信を用いた無線接続でもよい。

【0118】

画像処理部 143 及びフレームメモリー 145 は、例えば、集積回路により構成される。集積回路には、LSI (Large-Scale Integrated Circuit)、ASIC (Application Specific Integrated Circuit)、PLD (Programmable Logic Device)、FPGA (Field-Programmable Gate Array)、SoC (System-on-a-chip) 等が含まれる。また、集積回路の構成の一部にアナログ回路が含まれてもよい。

【0119】

画像処理部 143 は、フレームメモリー 145 に接続される。画像処理部 143 は、画像インターフェイス 141 から入力された画像データをフレームメモリー 145 に展開し、展開した画像データに対して画像処理を行う。

【0120】

画像処理部 143 は、例えば、投射画像の台形歪みを補正する幾何補正処理、OSD (On-Screen Display) メニューを重畳する OSD 処理等を含む各種処理を実行する。また、画像処理部 143 は、画像データの輝度や色合いを調整する画像調整処理や、画像データのアスペクト比や解像度を光変調装置 113 に合わせて調整する解像度変換処理、フレームレート変換等の画像処理を実行する。

【0121】

画像処理部 143 は、画像処理を終えた画像データを光変調装置駆動回路 123 に出力する。光変調装置駆動回路 123 は、画像処理部 143 から入力される画像データに基づいて赤、緑及び青の色ごとに駆動信号を生成する。光変調装置駆動回路 123 は、生成した各色の駆動信号に基づいて光変調装置 113 の対応する色の液晶パネル 115 を駆動し、各色の液晶パネル 115 に画像を描画する。光源 111 から射出された光が液晶パネル 115 を通過することで、画像データの画像に対応した画像光が生成される。

【0122】

[制御部 / 記憶部]

制御部 150 は、記憶部 160 及びプロセッサ 170 を備える。

記憶部 160 は、例えば、フラッシュメモリー、EEPROM 等の不揮発性の半導体メモリーや、フラッシュメモリーを利用した SSD (Solid State Drive) により構成される。本実施形態では、制御部 150 が記憶部 160 を備える場合を説明するが、例えば、ハードディスクドライブにより構成される記憶部 160 を、制御部 150

10

20

30

40

50

の外部に設けた構成であってもよい。記憶部 160 は、制御プログラム 161、調整用画像データ 162 やパターン画像データ 163 等の画像データ、設定データ 164、パラメーター 165、補正パラメーター 166、及び校正データ 167 等を記憶する。制御部 150 及び分光撮像部 137 は、本発明の「分光撮像装置」の一例に対応する。

【0123】

制御プログラム 161 は、プロセッサ 170 が実行する OS (Operating System) や、アプリケーションプログラム等のプログラムである。プロセッサ 170 は、この制御プログラム 161 に従って各部の制御や演算処理を行うことによって、スクリーン SC に投射された画像の色等に関する情報を測定し、測定結果を投射された画像の補正に用いる処理を行う。以下の説明において、この処理を「測定・画質調整処理」と適宜に表記する。

10

【0124】

測定・画質調整処理を行うときの動作状態を規定する動作モードには、高精度モードと、高速モードとがある。図 11 に示すように、高精度モードは、分光素子 302 が分光する光の波長 (分光波長 i) の数を相対的に多い $N1$ 個にすることで、高精度な測定を可能にする動作モードである。これに対し、高速モードは、分光素子 302 が分光する光の波長 (分光波長 i) の数を $N1$ 個よりも小さい $N2$ 個にすることで、測定に要する時間を短縮する動作モードである。

【0125】

図 11 には、高精度モードの一例として、分光波長 i を $400\text{ nm} \sim 700\text{ nm}$ の範囲で 10 nm 刻みで設定する場合を示し、 $N1$ は 31 である。また、同図 11 には、高速モードの一例として、分光波長 i を $400\text{ nm} \sim 680\text{ nm}$ の範囲で 40 nm 刻みで設定する場合を示し、 $N2$ は 8 である。いずれの動作モードも撮像素子 303 で十分な S/N 比を得ることが可能な露光時間に設定され、高精度な分光撮像データを得ることができる。例えば、露光時間を 60 msec に設定した場合、高精度モードでの測定時間は 2.07 秒となり、高速モードでの測定時間は 0.53 秒となる。なお、 $N1$ は 2 以上の整数であり、 $N2$ は $N1$ よりも小さい整数の範囲であれば、 $N1$ 、 $N2$ の値は適宜に変更可能である。高精度モードは本発明の「第 1 モード」の一例であり、高速モードは本発明の「第 2 モード」の一例である。

20

【0126】

図 9 に戻り、設定データ 164 は、プロセッサ 170 が実行する各種処理の処理条件を設定したデータであり、例えば、上記 $N1$ 、 $N2$ を含む各動作モードの撮像条件を含むデータである。パラメーター 165 は、例えば、画像処理部 143 に実行させる画像処理のパラメーターである。

30

【0127】

記憶部 160 が記憶する画像データは、プロジェクター 100 がスクリーン SC に表示する画像の元になるデータであり、例えば、パターン画像データ 163 や、調整用画像データ 162 が含まれる。パターン画像データ 163 は、例えば、所定形状のマークが四隅に配置された画像データである。プロセッサ 170 は、パターン画像データ 163 に対応する画像をスクリーン SC に投射したときの撮像データ (分光撮像データでもよい) を取得する。また、プロセッサ 170 は、取得した撮像データに基づいて、スクリーン SC に投射された画素と液晶パネル 115 の画素とを対応付ける情報 (本構成では、射影変換行列 167b) を取得する。

40

【0128】

調整用画像データ 162 は、例えば、RGB の各色の単色の画像データである。制御部 150 は、調整用画像データ 162 に対応する画像をスクリーン SC に投射したときの分光波長 i 毎の分光撮像データを取得し、分光撮像データに基づいて各分光撮像データを補正する補正データ 167a を取得する。この場合、高精度モードのときは $N1$ 個の分光撮像データを取得し、高速モードのときは、 $N1$ 個よりも少ない $N2$ 個の分光撮像データを取得する。これら取得された分光撮像データに基づいて予め定めた測定対象を測定する。

50

測定対象は、RGBの各色の絶対値と、投射面内の色ムラである。

【0129】

補正パラメータ166は、「測定・画質調整処理」によって生成されるパラメータであり、画像処理部143によって、入力した画像データ中の各色の絶対値や色ムラを補正するための画像処理のパラメータである。

校正データ167には、補正データ167a、射影変換行列167b、推定行列M、及び変換データ167cが含まれる。補正データ167aは、撮像素子303の感度分布を補正し、撮像素子303の出力が均一になるように分光撮像データを補正するデータである。

【0130】

撮像素子303は、入射光学系301に含まれるレンズのレンズ収差等の影響により、撮像素子303を構成する各画素の出力が均一とはならず、画素の位置によって異なる。つまり、撮像素子303には感度分布が生じる。この感度分布は、撮像素子303の中心よりも周辺部分において出力が低下する。このため、分光撮像部137により撮像した分光撮像データに基づいて画像の色等を補正する場合、誤差の影響により正確に補正できない場合がある。また、分光撮像部137の感度分布は、レンズ表面にコーティングされた紫外線や、赤外線をカットする光学フィルターの影響を受ける。すなわち、分光撮像部137が撮像する画像の色によっても分光撮像部137の出力が異なる。

【0131】

補正データ167aは、プロジェクター100の製造時等に生成され、また、撮像素子303の画素毎に生成される。また、補正データ167aは、投射部110が投射するRGBの各色の光と、分光撮像部137に設定される分光波長*i*に対応して複数生成される。補正データ167aを、色毎、及び分光波長*i*毎に生成することで、分光撮像部137の分光感度の補正精度が向上する。

【0132】

射影変換行列167bは、光変調装置113の液晶パネル115に設定された座標を、分光撮像データに設定された座標に変換する変換行列である。液晶パネル115は、複数の画素をマトリクス状に配置した構成を備える。液晶パネル115に設定された座標とは、このマトリクス状に配置された各々の画素を特定するための座標である。

【0133】

推定行列Mは、スペクトルの推定に用いられる行列である。推定行列Mは、プロジェクター100の製造時に生成され、校正データ167の一部として記憶部160に記憶される。推定行列Mは、分光撮像部137が撮像した分光撮像データに基づいて生成される。光学ユニット117には光学部品が搭載され、また、光源111から射出される光を光変調装置113の液晶パネル115に導光する部品も光学部品が使用される。また、光学部品としての液晶パネル115は、液晶パネル115を構成する各画素が分光特性を有し、画素によって透過する画像光の波長に誤差が生じる。これらの光学部品の光学特性により、分光撮像部137が生成する分光撮像データの値に誤差が生じ、測色精度が低下する。上記した補正データ167a、射影変換行列167b、及び推定行列Mの算出方法は、公知の方法を広く適用可能である。

【0134】

記憶部160内の変換データ167cは、高精度モードのときのN1個の分光撮像データから得られる色の測定結果と、高速モードのときのN2個の分光撮像データから得られる色の測定結果とを対応づけるデータである。N2個の分光撮像データは、N1個の分光撮像データよりもデータ数が少ないこと、又は分光波長*i*の間隔が広いことに起因して、RGBの各色のスペクトルを推定した場合に、誤差が大きくなり、例えば、各色のピーク波長の誤差が大きくなる。各色のピーク波長の誤差が大きくなると、各色の絶対値の測定精度が低くなる。本実施形態では、プロジェクター100の製造時等に変換データ167cを予め測定しておき、N2個の分光撮像データからスペクトルを推定する場合に、変換データ167cを利用することで、各色のピーク波長等のずれを許容範囲に収める。これ

10

20

30

40

50

によって、各色の絶対値等の測定精度、及び補正精度が向上する。

【0135】

[プロセッサ]

プロセッサ170は、例えば、CPU(Central Processing Unit)、DSP(Digital Signal Processor)、マイコン等により構成される演算処理装置である。プロセッサ170は、単一のプロセッサにより構成してもよいし、複数のプロセッサを組み合わせ構成してもよい。プロセッサ170は、記憶部160に記憶された制御プログラム161を実行することにより、投射制御部171、撮像制御部173、及び演算部175等として機能する。

【0136】

投射制御部171は、投射部110によりスクリーンSCに表示される画像を制御する。具体的には、投射制御部171は、画像処理部143を制御して、画像インターフェイス141より入力された画像データに対する画像処理を実行させる。この際、投射制御部171は、画像処理に必要なパラメータ165やOSDメニューの情報を記憶部160から読み出し、画像処理部143に出力してもよい。また、投射制御部171は、光源駆動回路121を制御して光源111の輝度を調整可能である。

【0137】

撮像制御部173は、分光撮像部137に撮像を実行させる。この場合、撮像制御部173は、記憶部160内の設定データ164に基づいて、高精度モード又は高速モードの撮像条件を設定する。演算部175は、分光撮像部137から出力された複数の分光撮像データに基づいて、RGBの各色の絶対値や、投射面内の色ムラを測定するための演算処理を行う。さらに、演算部175は、演算処理によって得られた測定結果に基づいて、上記各色の絶対値や色ムラを補正するための補正パラメータ166を生成する。画像処理部143は、画像インターフェイス141から入力された画像データを処理する際に補正パラメータ166を使用することによって、各色の絶対値や色ムラを補正した補正画像データを生成できる。

【0138】

[プロジェクターの動作]

図12は、測定・画質調整処理に関する表示システム1の動作を示すフローチャートである。

制御部150は、入力インターフェイス135を介してOSDメニューの表示指示に対応する操作信号を入力すると、投射制御部171によりOSDメニューを投射画像に重畳させる処理を行うことで、OSDメニューを表示させる(ステップS101)。このOSDメニューには、高精度モードの画質調整を指示するキー、及び高速モードの画質調整を指示するキーが含まれ、ユーザーはOSDメニューによって高精度モード及び高速モードを選択できる。なお、高精度モード及び高速モードを選択するためのOSDメニューや操作方法は適宜に変更してもよい。例えば、操作パネル131又はリモコン等を利用して各モードを選択可能にしてもよい。

【0139】

本フローチャートにおける画質調整は、分光撮像部137の撮像結果を利用して画像を補正することであり、より具体的には、投射画像のRGBの各色の絶対値や色ムラを予め定めた条件に補正するものである。予め定めた条件は、例えば、製造時の画質に相当する条件である。

高精度モードの画質調整が指示された場合(ステップS102/高精度モード)、制御部150は、設定データ164に含まれる高精度モードの撮像条件を取得する(ステップS103)。次に、制御部150は、取得した撮像条件に従って投射画像を撮像する撮像処理を行い(ステップS104)、N1個の分光撮像データを生成する(ステップS105)。

【0140】

撮像処理では、まず、制御部150は、記憶部160内のパターン画像データ163に基

10

20

30

40

50

づいてパターン画像をスクリーンSCに表示させ、分光撮像部137を制御してパターン画像を撮像する。パターン画像を撮像したデータは、例えば、分光撮像部137が波長を予め定めた波長に固定した状態で撮像したデータである。次に、制御部150は、パターン画像を撮像したデータに基づき、撮像座標とパネル座標との対応関係を示す射影変換行列167bを算出し、記憶部160に記憶させる。次いで、制御部150は、記憶部160内の調整用画像データ162に基づいて調整用画像をスクリーンSCに表示させ、取得した撮像条件に従って分光撮像部137の分光波長 λ_i を異ならせてN1個の分光撮像データを生成する。N1個の分光撮像データは、本発明の「N1個の第1撮像データ」の一例である。

【0141】

続いて、制御部150は、演算部175により、N1個の分光撮像データに基づいてRGBの各色の絶対値と投射面内の色ムラを測定する(ステップS106)。例えば、N1個の分光撮像データから各色のスペクトルを推定し、各スペクトルから各色の絶対値を取得する。また、投射面内の色ムラについては、分光撮像データから画素毎の色ムラ(輝度の違いや、前記推定したスペクトルの違い等)を検出することによって取得する。なお、各色の絶対値、及び、色ムラの測定方法には、公知の方法を広く適用可能である。

【0142】

制御部150は、測定した各色の絶対値及び色ムラを補正するための補正パラメータ166を生成する(ステップS107)。生成した補正パラメータ166は記憶部160に記憶される。この補正パラメータ166は、液晶パネル115を構成する画素を1単位とした補正パラメータでもよいし、複数画素を1単位とした補正パラメータでもよい。複数画素を1単位とした補正パラメータ166を生成する場合、補正パラメータ166を生成していない画素の補正パラメータ166は、例えば、直線補間による補間演算により求めればよい。

【0143】

制御部150は、画像供給装置200から画像信号の供給が開始されると、記憶部160から補正パラメータ166を読み出して画像処理部143に出力する。画像処理部143は、画像インターフェイス141が画像信号の受信を開始し、画像インターフェイス141から画像データが入力されると、入力された画像データをフレームメモリー145に展開する。画像処理部143は、制御部150から入力された補正パラメータ166等により画像データを補正し、画像データに対応する画像をスクリーンSCに表示させる(ステップS108)。供給される画像信号は、本発明の「第1画像データ」の一例であり、補正後の画像データは、本発明の「第1補正画像データ」の一例である。また、補正後の画像データに対応する投射画像は、本発明の「第1投射画像」の一例である。

【0144】

ステップS102で、高速モードの画質調整が指示された場合(ステップS102/高速モード)、制御部150は、設定データ164に含まれる高速モードの撮像条件を取得する(ステップS109)。次に、制御部150は、取得した撮像条件に従って投射画像を撮像する撮像処理を行い(ステップS110)、N2個の分光撮像データを生成する(ステップS111)。この撮像処理は、分光素子302の分光波長 λ_i の制御が異なる点を除いて、ステップS104の撮像処理と同じである。高速モードの場合、高精度モードに比べて、分光波長 λ_i の数が少ないので、測定が短時間で済む。N2個の分光撮像データは、本発明の「N2個の第2撮像データ」の一例である。

【0145】

続いて、制御部150は、演算部175により、N2個の分光撮像データからスペクトルを推定する(ステップS112)。この場合、演算部175は、N2個の分光撮像データから得られる各色のスペクトルを、記憶部160内の変換データ167cに基づいて、N1個の分光撮像データから得られるスペクトル相当に変換する。これによって、N1個の分光撮像データから得られるスペクトルとほぼ同じ波長に各色のピーク波長が位置するスペクトルが推定される。

10

20

30

40

50

【0146】

制御部150は、N2個の分光撮像データに基づいて各色の絶対値と投射面内の色ムラを測定する(ステップS113)。例えば、ステップS112で推定したスペクトルから各色の絶対値を取得する。また、投射面内の色ムラについては、分光撮像データから画素毎の色ムラ(輝度の違い等)を検出することによって取得する。各色の絶対値及び色ムラの測定方法は公知の方法を広く適用可能である。

【0147】

制御部150は、N2個の分光撮像データに基づいて各色の絶対値と投射面内の色ムラを測定すると、ステップS107及びS108の処理を実行する。これによって、制御部150は、測定した各色の絶対値及び色ムラを補正するための補正パラメータ166を生成し、補正パラメータ166により画像データを補正し、補正後の画像データに対応する画像をスクリーンSCに表示させる。補正後の画像データは、本発明の「第2補正画像データ」の一例であり、補正後の画像データに対応する投射画像は、本発明の「第2投射画像」の一例である。

10

【0148】

以上説明したように、第2実施形態の表示システム1は、高精度モードであるとき、撮像素子303及び分光素子302を備えた分光撮像部137により、投射画像を、分光素子302の分光波長を異ならせて撮像したN1個の分光撮像データを生成する。プロジェクター100は、N1個の分光撮像データに基づき、入力した画像データを補正した補正後の画像データを生成する。そして、プロジェクター100は、補正後の画像データに基づいた投射画像を生成し、投射面であるスクリーンSCに投射する。

20

【0149】

一方、表示システム1が高速モードであるとき、分光撮像部137により、投射画像を、分光素子302の分光波長を異ならせて撮像したN2個の分光撮像データを生成する。プロジェクター100は、N2個の分光撮像データに基づき、入力された画像データを補正した補正後の画像データを生成する。そして、プロジェクター100は、補正後の画像データに基づいた投射画像を生成し、スクリーンSCに投射する。

【0150】

上記したように、N1は2以上の整数であり、N2はN1よりも小さい整数であるので、厳密な画質調整を希望する場合や、シアター用途等の画質重視のケースの場合に、高精度モードで対応できる。一方、簡易的なチェックを行いたい場合に、高速モードにすることで、高精度モードの場合と比べて短時間で画質をチェックできる。したがって、画質の調整やチェックに関してユーザーの利便性が向上する。なお、簡易的なチェックを行いたい場合とは、例えば、投射の異常有無のチェック、特に投射の合間の短時間でチェックを行いたい場合や、オフィス・教育現場等の画質が相対的に重視されないケースでチェックを行いたい場合である。

30

【0151】

また、高精度モードであるとき、N1個の第1撮像データ(分光撮像データ)に基づいて色に関する所定情報を測定し、測定結果に基づいて入力した画像データを補正したデータを、補正後の画像データとしている。なお、色に関する所定情報は、本実施形態では、RGBの各色の絶対値と、投射面内の色ムラであったが、いずれか一方でもよいし、シミや付着物等による汚れを検出するための情報でもよく、適宜な情報を適用可能である。これにより、分光素子302を利用して、色に関する画質調整を行うことができる。

40

【0152】

また、高精度モードのときのN1個の分光撮像データから得られる色のスペクトル結果と、高速モードのときのN2個の分光撮像データから得られる色のスペクトル結果とを対応づける変換データ167cを予め取得している。高速モードであるとき、N2個の分光撮像データから得られる色のスペクトル結果を、変換データ167cに基づいてN1個の分光撮像データから得られる色のスペクトル結果に相当する情報に変換する。そして、変換後の情報に基づいて入力した画像データを補正したデータを、補正後の画像データとして

50

いる。これにより、相対的に少ない数の分光撮像データだけでスペクトルを推定した場合に生じる各色のピーク波長のずれ等を許容範囲にし、測定精度を十分に維持し、適正な補正を行うことができる。

【0153】

また、プロジェクター100は、高精度モード及び高速モードの選択肢を含むOSDメニューを含む投射画像を投射するので、各モードを容易に選択し易くなる。これにより、各モードを選択するためのスイッチを操作パネル131やリモコンに設ける場合と比べてスイッチ数を低減でき、また、既存の操作パネルやリモコンを流用し易くなる。

【0154】

さらに、分光素子302は、一对の反射膜304、305と、一对の反射膜304、305のギャップ寸法を変更可能なギャップ変更部306を有し、撮像素子303へ入射される光の光路上に配置された波長可変干渉フィルターである。これにより、波長分散型の場合と比べ、高い解像度を有したまま、高精度な測定から短時間の測定までを行い易くなる。なお、高精度モードと高速モードからなる2つの動作モードを設ける場合を例示したが、分光波長 λ の数、及び露光時間等の撮像条件が異なる動作モードを追加し、動作モードを3つ以上にしてもよい。

【0155】

例えば、図11の例では、高速モードでも、露光時間を高精度モードと同じにすることで、測定値のS/N比を高くし、測定再現性を高くする場合を例示したが、これに限定されない。露光時間を高精度モードよりも短くして、測定時間をより短縮させた他の高速モードを更に設けるようにしてもよい。図11に示す高速モードを仮に第2モードと表記した場合、他の高速モードを第3モードと表記してもよい。また、図11に示す高速モードを省略し、他の高速モードを、本発明の「第2モード」の一例としてもよい。

【0156】

第2実施形態では、分光撮像装置に相当する構成を、プロジェクター100に一体に設ける場合を例示したが、図13に示すように、表示システム1Aが、プロジェクター100と別体の分光撮像装置400を備えてもよい。また、図13では、プロジェクター100と分光撮像装置400を、ケーブル4を用いて有線接続する場合を示しているが、無線通信を用いた無線接続する構成にしてもよい。

【0157】

[第3実施形態]

図14は、第3実施形態に係る表示システム1を示す図である。

第3実施形態では、2台のプロジェクター100をケーブル5により接続し、プロジェクター100間でデータ通信を行い、各プロジェクター100がスクリーンSCに表示する画像の色合わせを行う。スクリーンSCに対向する方向から見て、スクリーンSCの左側に画像を表示するプロジェクター100をプロジェクター100Aと表記し、スクリーンSCの右側に画像を表示するプロジェクター100をプロジェクター100Bと表記する。プロジェクター100の接続台数は、2台に限定されるものではなく、3台以上でもよい。なお、ケーブル3を用いた有線接続に代えて、無線通信を用いた無線接続にしてもよい。

【0158】

プロジェクター100A及びプロジェクター100Bの構成は、図9に示すプロジェクター100の構成と同様であるので、図示を省略する。以下、説明の便宜上、プロジェクター100Aの構成要素には、その構成要素に対応する図9中の構成要素に符号「A」を付して示し、プロジェクター100Bの構成要素には、その構成要素に対応する図9中の構成要素に符号「B」を付して示す。例えば、プロジェクター100Aの制御部150を「制御部150A」と表記し、プロジェクター100Bの制御部150を「制御部150B」と表記する。プロジェクター100A及びプロジェクター100Bは、それぞれケーブル3を介して画像供給装置200に接続され、画像供給装置200から供給される画像信号に基づく画像をスクリーンSCに表示させる。

10

20

30

40

50

【0159】

プロジェクター100Aは、マスター機として動作し、プロジェクター100Bはスレーブ機として動作する。すなわち、プロジェクター100Bは、プロジェクター100Aの制御に従って動作する。マスター機であるプロジェクター100Aは、プロジェクター100Bに補正パラメータ166の生成に必要な各値の算出を指示したり、補正パラメータ166を利用した画像処理をプロジェクター100Bに指示したりする。

【0160】

プロジェクター100Aが画像光を投射する領域を「投射領域20A」と表記し、プロジェクター100Bが画像光を投射する領域を「投射領域20B」と表記する。投射領域20Aと投射領域20Bとは領域の一部が重なる。

10

【0161】

第3実施形態では、プロジェクター100Aが、互いに接続されるプロジェクター100A、100B間の色合わせを受け付ける機能を有している。例えば、制御部150Aは、投射制御部171Aにより、色合わせを指示するキーを含むOSDメニューを表示させ、ユーザーから色合わせの指示を受け付ける。この場合、制御部150Aは、色合わせを指示するキーとして、高精度モードの色合わせを指示するキーと、高速モードの色合わせを指示するキーを表示する。高精度モードの色合わせを指示するキーは、「高精度モードの画質調整を指示するキー」の一例であり、高速モードの色合わせを指示するキーは「高速モードの画質調整を指示するキー」の一例である。

【0162】

高精度モードの色合わせが指示された場合、制御部150Aは、図12に示すステップS103～S107の処理を各制御部150A、150Bに実行させる。これにより、プロジェクター100Aの補正パラメータ166Aと、プロジェクター100Bの補正パラメータ166Bとが生成される。これによって、第2実施形態の高精度モードのときの補正パラメータ166に対応する補正パラメータ166A及び166Bが生成される。この場合、プロジェクター100Bでは、分光撮像部137Bにより、図12のステップS103～S105に相当する撮像に関する処理だけを行い、撮像によって得られたN1個の分光撮像データをプロジェクター100Aに送信してもよい。この場合、プロジェクター100Aにおいて、プロジェクター100Bから送信された分光撮像データを用いて残りのステップS106～S107の処理を行うことで、プロジェクター100Bの補正パラメータ166Bを生成する。

20

30

【0163】

制御部150Aは、各補正パラメータ166A、及び166Bにより、各プロジェクター100A及び100Bに入力された画像データを補正させ、補正後の画像データに対応する画像をスクリーンSCにそれぞれ表示させる。これにより、各プロジェクター100A及び100Bの投射画像が色合わせされる。なお、これら補正パラメータ166A及び166Bは、各プロジェクター100A及び100Bの各色の絶対値と色ムラを補正するものであるが、プロジェクター100A及び100Bの色を揃えることが可能な他の補正方法でもよい。

【0164】

例えば、制御部150Aは、プロジェクター100Aの分光撮像部137Aによって得られたN1個の分光撮像データと、プロジェクター100Bの分光撮像部137Bによって得られたN1個の分光撮像データとを取得する。次いで、制御部150Aは、取得した分光撮像データに基づいて、プロジェクター100A及び100B間の色差を測定する。続いて、制御部150Aは、測定結果に基づいて、プロジェクター100Bによって表示される色をプロジェクター100Aの色に補正する補正パラメータを生成するようにしてもよい。

40

【0165】

高速モードの色合わせが指示された場合、制御部150Aは、図12に示すステップS109～S113、S107及びS108の処理を各制御部150A、150Bに順次実行

50

させる。これにより、プロジェクター100Aの補正パラメータ166Aと、プロジェクター100Bの補正パラメータ166Bとが生成される。これによって、第2実施形態の高速モードのときの補正パラメータ166に対応するパラメータ166A及び166Bが生成される。この場合、プロジェクター100Bでは、分光撮像部137Bにより、図12のステップS109～S111に相当する撮像に関する処理だけを行い、撮像によって得られたN2個の分光撮像データをプロジェクター100Aに送信してもよい。この場合、プロジェクター100Aにおいて、プロジェクター100Bから送信された分光撮像データを用いて残りのステップS112～S113及びS107の処理を行うことで、プロジェクター100Bの補正パラメータ166Bを生成する。

【0166】

10

高速モードの場合も、制御部150Aによって、プロジェクター100A及び100B間の色差を測定し、測定結果に基づいて、プロジェクター100Bによって表示される色をプロジェクター100Aの色に補正する補正パラメータを生成してもよい。この場合、プロジェクター100A及び100Bの各色の絶対値と色ムラを補正する補正パラメータ166A及び166Bを生成する高速モードを採用する場合と比べ、補正パラメータの生成に要する時間を低減でき、高速モードのより短時間化が可能である。

【0167】

つまり、第3実施形態の表示システム1では、高精度モードであるとき、各プロジェクター100A及び100Bの投射画像毎に、分光撮像部137A、137Bにより、分光波長を異ならせて撮像したN1個の分光撮像データをそれぞれ生成する。次に、プロジェクター100A及び100Bのいずれかにより、N1個の分光撮像データに基づき入力した画像データを補正した補正後の画像データをそれぞれ生成する。なお、N1個の分光撮像データは、本発明の「N1個の第1撮像データ」の一例であり、入力した画像データは、本発明の「第1画像データ」の一例である。また、補正後の画像データは、本発明の「第1補正画像データ」の一例である。

20

次いで、各プロジェクター100A及び100Bにより、補正後の画像データに基づいた投射画像を投射面であるスクリーンSCにそれぞれ投射する。投射画像は、本発明の「第1投射画像」の一例である。

【0168】

一方、表示システム1が高速モードであるとき、各プロジェクター100A及び100Bの投射画像毎に、分光撮像部137A、137Bにより、分光波長を異ならせて撮像したN2個の分光撮像データをそれぞれ生成する。次に、プロジェクター100A及び100Bのいずれかにより、N2個の分光撮像データに基づき入力した画像データを補正した補正後の画像データをそれぞれ生成する。次いで、各プロジェクター100A及び100Bにより、補正後の画像データに基づいた投射画像を投射面であるスクリーンSCにそれぞれ投射する。なお、N2個の分光撮像データは、本発明の「N2個の第2撮像データ」の一例であり、補正後の画像データは、本発明の「第2補正画像データ」の一例であり、投射画像は、本発明の「第2投射画像」の一例である。

30

【0169】

このようにして、各プロジェクター100A及び100Bを厳密に色合わせする場合や、シアター用途等の画質重視のケースの場合に、高精度モードで対応できる。一方、簡易的なチェックを行いたい場合に、高速モードにすることで、高精度モードの場合と比べて短時間で画質をチェックできる。したがって、複数台のプロジェクター100を用いた場合の画質の調整やチェックに関してユーザーの利便性が向上する。なお、分光撮像装置に相当する構成を、プロジェクター100A及び100Bのそれぞれに設ける構成に限定しなくてもよく、例えば、プロジェクター100A及び100Bの一方だけに分光撮像装置に相当する構成を設けるようにしてもよい。また、図15に示すように、表示システム1Bが、プロジェクター100A及び100Bと別体の分光撮像装置400を備え、この分光撮像装置400がプロジェクター100A及び100Bの投射画像を撮像するようにしてもよい。

40

50

【 0 1 7 0 】

本発明は、上記の各実施形態の構成に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の態様において実施することが可能である。

上記の各実施形態では、図 9 等に示す表示システム 1、1 A、プロジェクター 1 0 0、1 0 0 A、1 0 0 B、及びこれらの制御方法に本発明を適用する場合を説明したが、これに限定されない。例えば、RGBの各色の絶対値、投射面内の色ムラ、及び、複数のプロジェクター 1 0 0 間の色の少なくともいずれかを補正する場合を例示したが、測定対象及び補正対象は適宜に変更してもよい。また、測定対象光が可視光の場合を例示したが、可視光以外でもよく、例えば、赤外線や遠赤外線でもよい。また、分光素子 3 0 2 に波長可変干渉フィルターを使用する場合を説明したが、他の波長走査型フィルターを使用してもよい。

10

【 0 1 7 1 】

また、光変調装置 1 1 3 が備える 3 枚の液晶パネル 1 1 5 に透過型液晶パネル又は反射型液晶パネルのいずれを適用してもよい。また、3 枚の液晶パネル 1 1 5 に代えて、1 枚の液晶パネルとカラーホイールを組み合わせた構成を適用してもよい。また、光変調装置 1 1 3 に、3 枚のデジタルミラーデバイス (DMD) を用いた方式、1 枚のデジタルミラーデバイスとカラーホイールを組み合わせた DMD 方式等の公知の様々な方式を適用してもよい。

【 0 1 7 2 】

また、図 9 等に示す各部の構成は、ハードウェアで実現してもよいし、ハードウェアとソフトウェアの協働により実現される構成としてもよく、図に示した通りに独立したハードウェア資源を配置する構成に限定されない。

20

【 0 1 7 3 】

また、図 1 2 に示すフローチャートの処理単位は、制御部 1 5 0 による処理を、主な処理内容に応じて分割したものである。各フローチャートの処理単位の分割の仕方や名称によって実施形態が制限されることはない。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。

【 0 1 7 4 】

また、制御プログラム 1 6 1 は、外部の装置やデバイスに記憶され、通信部 1 3 9 等を介して取得されてもよい。また、コンピューターで読み取り可能に記録した記録媒体に記録しておくことも可能である。記録媒体としては、磁氣的、光学的記録媒体又は半導体メモリーデバイスを用いることができる。具体的には、フレキシブルディスク、各種の光ディスク、光磁気ディスク、フラッシュメモリー、カード型記録媒体等の可搬型、或いは固定式の記録媒体が挙げられる。また、記録媒体は、画像表示装置が備える内部記憶装置である RAM、ROM、HDD 等の不揮発性記憶装置であってもよい。

30

【 符号の説明 】

【 0 1 7 5 】

1 ... 表示システム、3 ... ケーブル、4 ... ケーブル、5 ... ケーブル、1 0 ... 撮像装置、1 1 ... 入射光学系、1 2 ... 分光素子、1 3 ... 撮像素子、1 4 ... 光源ユニット、1 4 a ... 基板、1 5 ... 反射膜、1 6 ... 反射膜、1 7 ... ギャップ変更部、2 0 A ... 投射領域、2 0 B ... 投射領域、3 0 ... 表示装置、4 0 ... 記憶装置、5 0 ... 処理装置、6 0 ... 制御部、6 1 ... 撮像制御部、7 0 ... 処理部、7 1 ... 測定帯域指示部、8 0 ... 記憶部、8 1 ... 測定帯域データ記憶部、8 2 ... 設定データ記憶部、8 3 ... 変換データ記憶部、1 0 0 ... プロジェクター、1 0 0 A ... プロジェクター、1 0 0 B ... プロジェクター、1 0 1 ... 第 1 基板、1 0 2 ... 第 2 基板、1 0 3 ... 第 3 基板、1 0 4 ... 反射膜、1 0 5 ... 静電アクチュエーター、1 0 6 ... 接合層、1 1 0 ... 投射部、1 1 1 ... 光源、1 1 2 ... 分光素子、1 1 3 ... 光変調装置、1 1 5 ... 液晶パネル、1 1 7 ... 光学ユニット、1 2 0 ... 駆動部、1 2 1 ... 光源駆動回路、1 2 3 ... 光変調装置駆動回路、1 3 1 ... 操作パネル、1 3 3 ... リモコン受光部、1 3 5 ... 入力インターフェイス、1 3 7 ... 分光撮像部、1 3 7 A ... 分光撮像部、1 3 7 B ... 分光撮像部、1 3 9 ... 通信部、1 4 1 ... 画像インターフェイス、1 4 3 ... 画像処理部、1 4 5 ... フレーム

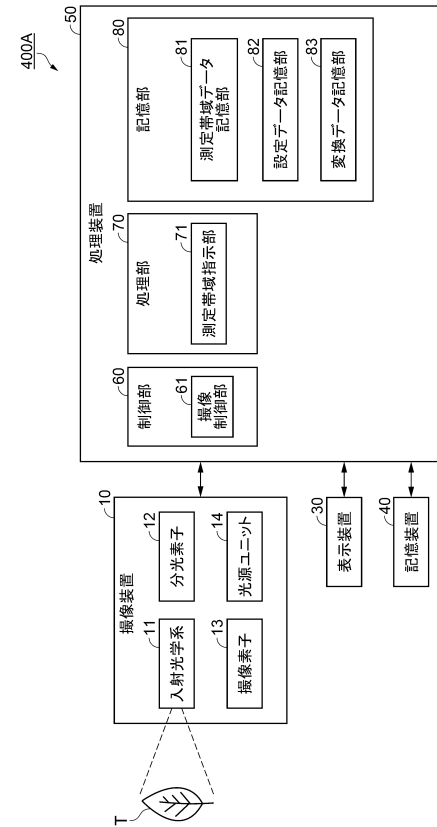
40

50

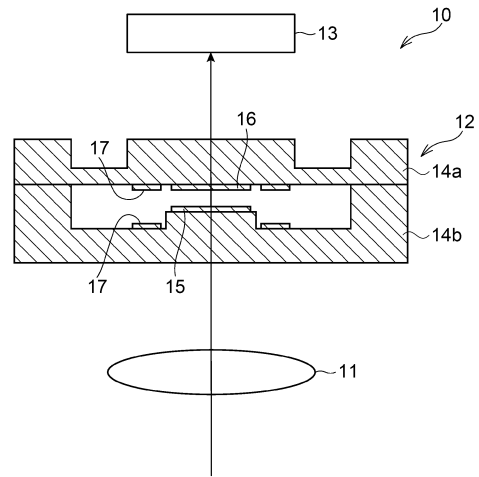
メモリー、150...制御部、150A...制御部、150B...制御部、160...記憶部、161...制御プログラム、162...調整用画像データ、163...パターン画像データ、164...設定データ、165...パラメーター、166...補正パラメーター、166A...補正パラメーター、166B...補正パラメーター、167...校正データ、167a...補正データ、167b...射影変換行列、167c...変換データ、170...プロセッサー、171...投射制御部、171A...投射制御部、173...撮像制御部、175...演算部、180...バス、200...画像供給装置、301...入射光学系、302...分光素子、303...撮像素子、304...反射膜、305...反射膜、306...ギャップ変更部、400...分光撮像装置、400A...分光撮像装置、M1...高精度モード、M2...高速モード、M3...最適モード。

【図面】

【図1】



【図2】



10

20

30

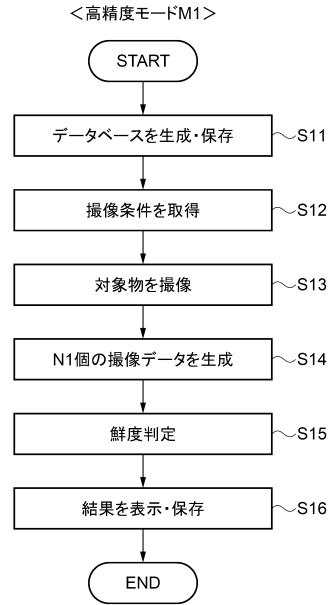
40

50

【 図 3 】

動作モード	測定波長数	露光時間	測定時間
高精度モードM1	31 (400~700nm, 10nm刻み)	60msec(15fps)	2.07秒
高速モードM2	8 (400~680nm, 40nm刻み)	60msec(15fps)	0.53秒
最適モードM3	16 (400~600nm, 40nm刻み) (600~700nm, 10nm刻み)	60msec(15fps)	1.06秒

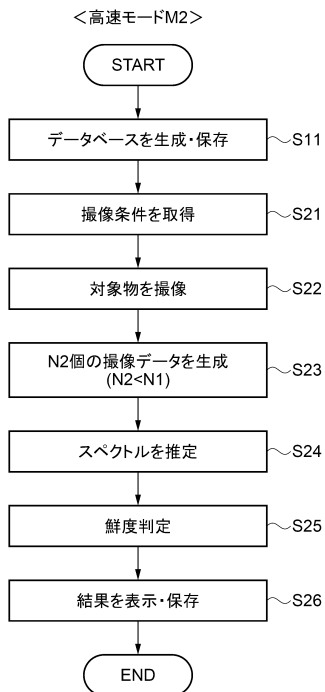
【 図 4 】



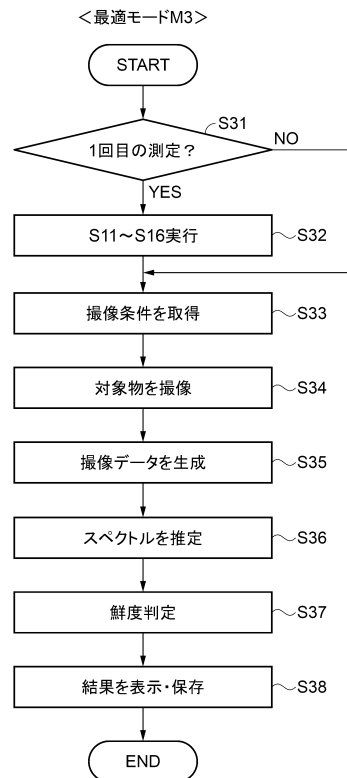
10

20

【 図 5 】



【 図 6 】

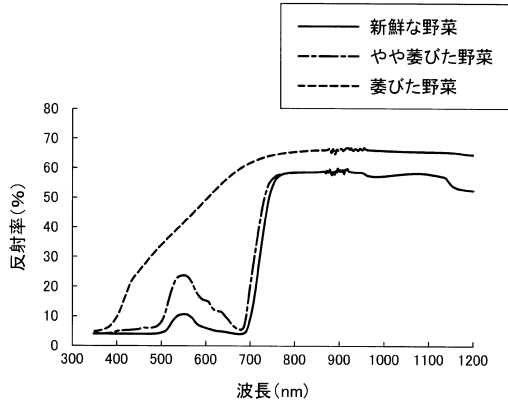


30

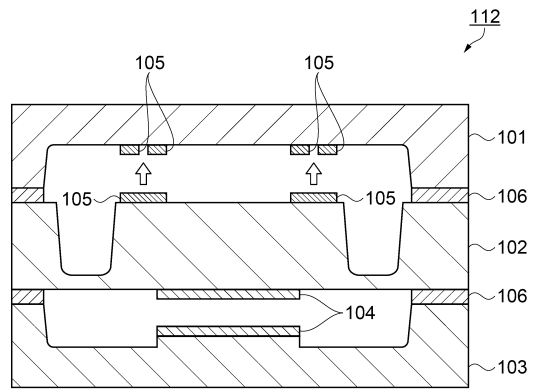
40

50

【 図 7 】

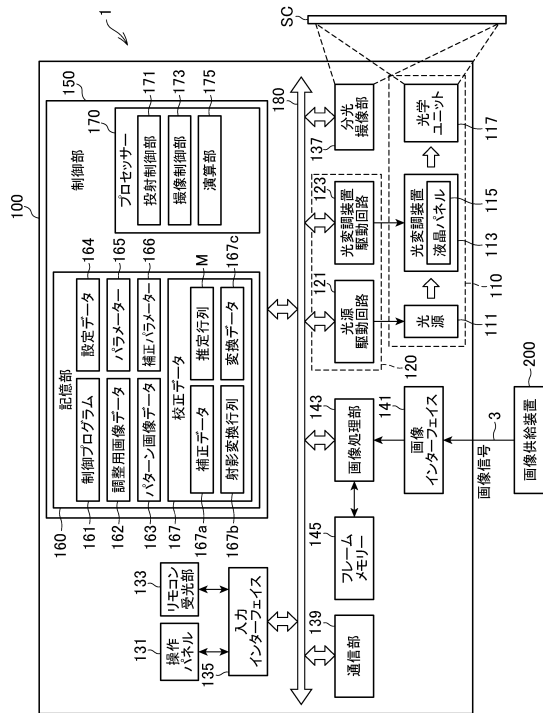


【 図 8 】

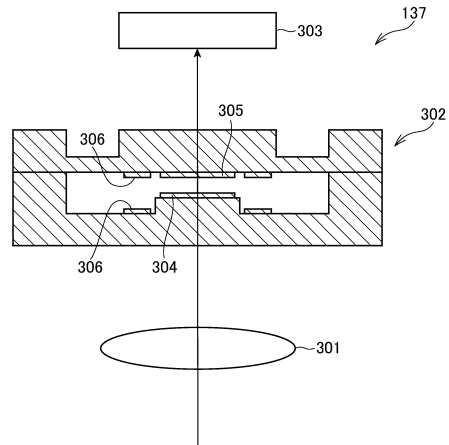


10

【 図 9 】



【 図 10 】



20

30

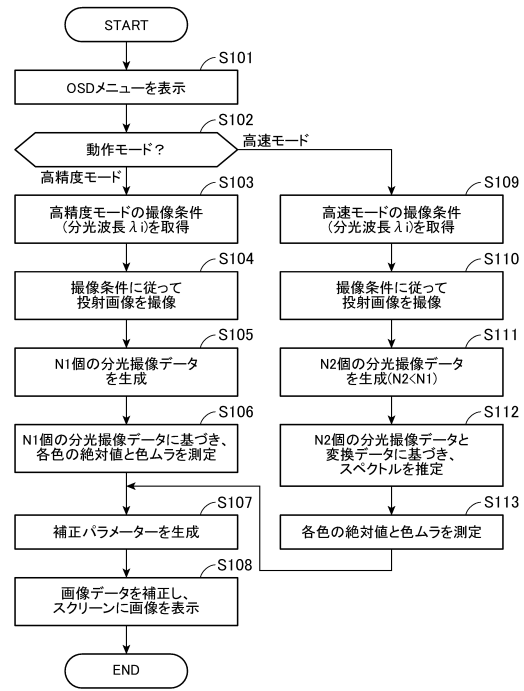
40

50

【 図 1 1 】

動作モード	測定波長数	露光時間	測定時間
高精度モード	31 (400~700nm, 10nm刻み)	60msec(15fps)	2.07秒
高速モード	8 (400~680nm, 40nm刻み)	60msec(15fps)	0.53秒

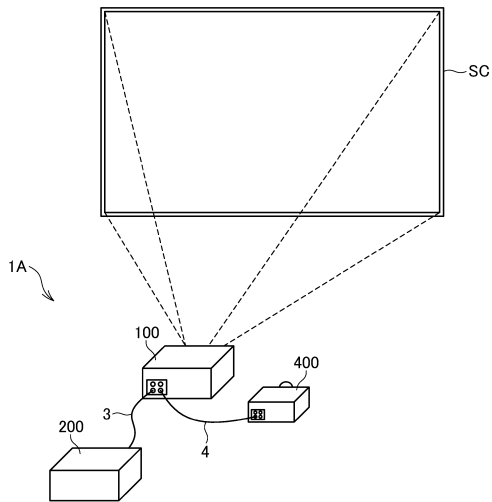
【 図 1 2 】



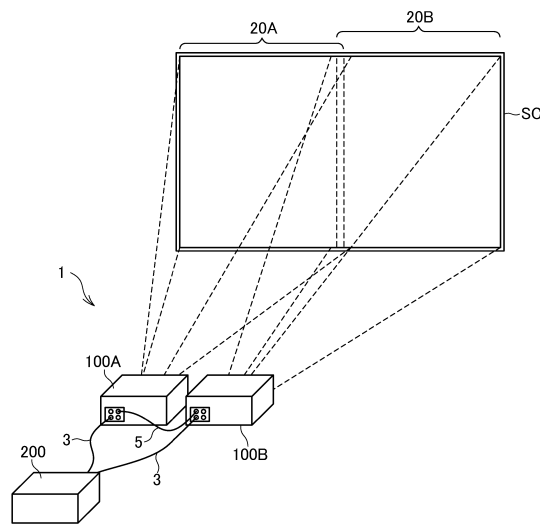
10

20

【 図 1 3 】



【 図 1 4 】

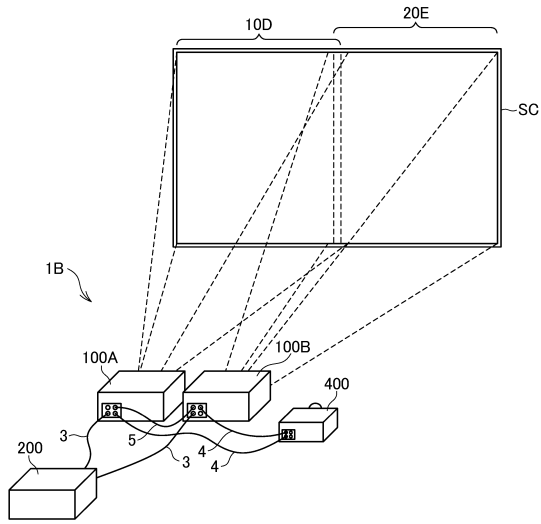


30

40

50

【 図 15 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

Fターム(参考) 2G020 CC23 CC56 CC63 CD06 CD24 CD41
5C065 BB01 CC01 DD01 EE20 FF07 FF11 GG26 GG44 HH04