

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6862229号
(P6862229)

(45) 発行日 令和3年4月21日(2021.4.21)

(24) 登録日 令和3年4月2日(2021.4.2)

(51) Int.Cl.

G06T 1/00 (2006.01)
H04N 5/225 (2006.01)

F 1

G06T 1/00 280
H04N 5/225 400

請求項の数 15 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2017-50617 (P2017-50617)
(22) 出願日	平成29年3月15日 (2017.3.15)
(65) 公開番号	特開2018-156208 (P2018-156208A)
(43) 公開日	平成30年10月4日 (2018.10.4)
審査請求日	令和2年3月11日 (2020.3.11)

(73) 特許権者	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(74) 代理人	100110412 弁理士 藤元 亮輔
(74) 代理人	100104628 弁理士 水本 敦也
(74) 代理人	100121614 弁理士 平山 優也
(72) 発明者	佐野 大介 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ ヤノン株式会社内
(72) 発明者	中村 翼 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ ヤノン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 解析装置、撮像装置、解析方法、および、プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

撮像光学系及び撮像素子を用いた被写体の撮像により得られた画像情報に基づいて、紫外光及び赤外光の少なくとも一方と可視光とに関する色情報を取得する取得手段と、

前記色情報と参照情報と撮像条件情報とに基づいて、前記画像情報に含まれる前記被写体の特性情報を決定する決定手段とを有し、

前記参照情報は、前記色情報と前記被写体の物質情報とが紐づけられた情報であり、

前記撮像条件情報は、前記撮像における照明の分光特性に関する情報と、前記撮像素子の分光感度曲線に関する情報と、前記撮像光学系の透過率分光分布に関する情報とを含むことを特徴とする解析装置。

【請求項 2】

前記照明の分光特性を計測する計測手段を有することを特徴とする請求項1に記載の解析装置。

【請求項 3】

前記撮像条件情報は、前記被写体までの距離に関する情報を含むことを特徴とする請求項1又は2に記載の解析装置。

【請求項 4】

前記色情報は、前記紫外光及び前記赤外光の少なくとも一方と前記可視光とに関する輝度情報を含むことを特徴とする請求項1乃至3の何れか一項に記載の解析装置。

【請求項 5】

10

20

前記色情報は、R、G、Bの三色に関する情報を含むことを特徴とする請求項1乃至4の何れか一項に記載の解析装置。

【請求項6】

前記参照情報は、所定の辞書又は多変量解析式に関する情報を含むことを特徴とする請求項1乃至5の何れか一項に記載の解析装置。

【請求項7】

前記決定手段は、前記撮像条件情報に基づいて補正した前記色情報と前記参照情報とにに基づいて前記特性情報を決定することを特徴とする請求項1乃至6の何れか一項に記載の解析装置。

【請求項8】

前記決定手段は、前記撮像条件情報に基づいて補正した前記参照情報と前記色情報とにに基づいて前記特性情報を決定することを特徴とする請求項1乃至6の何れか一項に記載の解析装置。

10

【請求項9】

前記特性情報は、前記撮像条件情報に応じて変化することを特徴とする請求項1乃至8の何れか一項に記載の解析装置。

【請求項10】

前記参照情報と前記撮像条件情報とを互いに紐づけて記憶する記憶手段を有し、

前記決定手段は、前記参照情報及び前記撮像条件情報と、該撮像条件情報の変化量とにに基づいて前記特性情報を決定することを特徴とする請求項1乃至9の何れか一項に記載の解析装置。

20

【請求項11】

前記画像情報は、前記撮像により得られた画像情報に対して波長に応じて異なるノイズ低減処理を行うことで得られた画像情報であることを特徴とする請求項1乃至10の何れか一項に記載の解析装置。

【請求項12】

前記色情報に基づいて鑑賞用画像を生成する画像生成手段を有することを特徴とする請求項1乃至11の何れか一項に記載の解析装置。

【請求項13】

請求項1乃至12の何れか一項に記載の解析装置と、

30

前記撮像光学系及び前記撮像素子を含む撮像部とを有することを特徴とする撮像装置。

【請求項14】

撮像光学系及び撮像素子を用いた被写体の撮像により得られた画像情報に基づいて、紫外光及び赤外光の少なくとも一方と可視光とに関する色情報を取得するステップと、

前記色情報と参照情報と撮像条件情報とにに基づいて、前記画像情報に含まれる前記被写体の特性情報を決定するステップとを有し、

前記参照情報は、前記色情報と前記被写体の物質情報とが紐づけられた情報であり、

前記撮像条件情報は、前記撮像における照明の分光特性に関する情報と、前記撮像素子の分光感度曲線に関する情報と、前記撮像光学系の透過率分光分布に関する情報とを含むことを特徴とする解析方法。

40

【請求項15】

請求項14に記載の解析方法をコンピュータに実行させることを特徴とするプログラム

。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、撮影画像を解析する解析装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、ハイパースペクトルカメラなどの撮像装置を用いて物体のスペクトル情報を

50

取得し、そのスペクトル情報をを利用して物質の情報を抽出する成分分析技術が提案されている。特許文献1には、ハイパースペクトルデータと教師データとの相関に基づいて探索対象物を探索する手法が開示されている。特許文献1に開示された手法では、取得したスペクトル情報を教師データに照合する前に、教師データを飛行体上での分光反射強度に換算して補正する。これにより、環境光や撮像素子の分光感度を加味した教師データを取得することができ、飛行体上での環境光スペクトルおよび撮像素子の分光感度について頑健な対象物探索を行うことが可能となる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

10

【特許文献1】特許第5668157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、特許文献1に開示された手法では、物体（被写体）の反射光を取得することが困難であり、撮像装置の特性や撮影環境などの撮影条件に応じてスペクトル情報や教師データの情報が変化する。その結果、成分分析の結果が撮影条件に応じて変化してしまう。

【0005】

そこで本発明は、撮影条件に依存せずに、画像データに含まれる被写体の特性データを高精度に決定することが可能な解析装置、撮像装置、解析方法、および、プログラムを提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の一側面としての解析装置は、撮像光学系及び撮像素子を用いた被写体の撮像により得られた画像情報に基づいて、紫外光及び赤外光の少なくとも一方と可視光とに関する色情報を取得する取得手段と、色情報と参照情報と撮像条件情報とに基づいて、前記画像情報に含まれる前記被写体の特性情報を決定する決定手段とを有する。前記参照情報は、前記色情報と前記被写体の物質情報とが紐づけられた情報であり、前記撮像条件情報は、前記撮像における照明の分光特性に関する情報と、前記撮像素子の分光感度曲線に関する情報と、前記撮像光学系の透過率分光分布に関する情報を含む。

30

【0007】

本発明の他の側面としての撮像装置は、上記解析装置と、前記撮像光学系及び前記撮像素子を含む撮像部とを有する。

【0008】

本発明の他の側面としての解析方法は、撮像光学系及び撮像素子を用いた被写体の撮像により得られた画像情報に基づいて、紫外光及び赤外光の少なくとも一方と可視光とに関する色情報を取得するステップと、前記色情報と参照情報と撮像条件情報とに基づいて、前記画像情報に含まれる前記被写体の特性情報を決定するステップとを有する。前記参照情報は、前記色情報と前記被写体の物質情報とが紐づけられた情報であり、前記撮像条件情報は、前記撮像における照明の分光特性に関する情報と、前記撮像素子の分光感度曲線に関する情報を含む。

40

【0009】

本発明の他の側面としてのプログラムは、前記解析方法をコンピュータに実行させる。

【0010】

本発明の他の目的及び特徴は、以下の実施形態において説明される。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、撮影条件に依存せずに、画像データに含まれる被写体の特性データを高精度に決定することが可能な解析装置、撮像装置、解析方法、および、プログラムを提

50

供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本実施形態における概念図である。

【図2】本実施形態において解決すべき課題の説明図である。

【図3】本実施形態において解決すべき課題の説明図である。

【図4】本実施形態における解析方法の説明図である。

【図5】本実施形態における反射防止膜の反射率特性である。

【図6】本実施形態における反射防止膜の反射率特性である。

【図7】本実施形態における分光光学系の断面図である。

10

【図8】本実施形態における口径食による透過率特性である。

【図9】本実施形態における口径食による透過率比の特性である。

【図10】本実施形態における撮像装置のブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、本発明の実施形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。

【0014】

まず、図1乃至図3を参照して、本実施形態における基本的概念について説明する。図1は、本実施形態の概念図である。図2および図3は、本実施形態において解決すべき課題の説明図である。

20

【0015】

図1において、100、110は撮像レンズ（撮像光学系）、102、112は撮像装置である。105は撮像装置102により取得される撮影画像（画像データ）に含まれる被写体の成分に関する特性情報（特性データ）、115は撮像装置112により取得される撮影画像（画像データ、画像情報）に含まれる被写体の成分に関する特性情報（特性データ）である。撮像レンズ100、110は互いに異なる光学系である。また撮像装置102、112も、互いに異なる撮像装置である。本実施形態において、特性情報105、115は、互いに比較することが可能な（互いに関連性がある）特性情報であることを特徴としている。従来の構成では、撮像レンズ100、110が互いに異なる場合や、撮像装置102、112が互いに異なる場合、特性情報105、115には互いに関連性がなく、互いに比較することができなかった。

30

【0016】

図2および図3はそれぞれ、互いに異なる撮像レンズ100、互いに異なる撮像装置を用いた場合における、色情報の取得と被写体の成分に関する特性値（特性データ）への変換の例を示している。図2および図3において、201、301は照明（太陽光）、202、302は物体（被写体としての木）、203、303は撮像レンズ（撮像光学系）、204、304は撮像装置をそれぞれ示している。

【0017】

211は照明201の照明分光分布、212は物体202の反射率分光分布、213は撮像レンズ203の透過率分光分布、214は撮像装置204の分光感度曲線である。照明分光分布211、反射率分光分布212、透過率分光分布213、および、分光感度曲線214において、横軸は波長、縦軸は光強度I、反射率R、透過率T、感度Sをそれぞれ示している。同様に、311は照明301の照明分光分布、312は物体302の反射率分光分布、313は撮像レンズ303の透過率分光分布、314は撮像装置304の分光感度曲線である。

40

【0018】

205は撮像装置204から出力される画像データに関する色情報、200は色情報205を解析することにより取得される特性値（特性データ）である。同様に、305は撮像装置304から出力される画像データに関する色情報、300は色情報305を解析することにより取得される特性値（特性データ）である。撮像装置204、304は、赤（

50

R)、緑(G)、青(B)の三色の可視光の色情報に加えて、赤外光(IR)の色情報を取得することができる。分光感度曲線214、314のそれぞれにおいて、R、G、B、IRの分光感度曲線をそれぞれ、実線、破線、点線、二重破線で示している。また本実施形態において、特性値200、300として、IRとRとの差をIRとRとの和で割ることにより得られる値が出力される。ただし本実施形態は、これに限定されるものではない。被写体の性質や特性値を示す他の種類の特性データであってもよい。また本実施形態において、色情報は、赤外光に代えて、紫外光に関する色情報を用いることができ、または赤外光および紫外光の両方の色情報を用いてもよい。

【0019】

図2および図3において、照明201、301は互いに同一であり、物体202、302も互いに同一である。一方、撮像レンズ203、303(撮像レンズの特性)は互いに異なり、かつ撮像装置204、304(撮像装置の特性)も互いに異なる。このため、透過率分光分布213、313は互いに異なり、分光感度曲線214、314も互いに異なる。その結果、照明201、301と物体202、302はそれ互いに同一であるが、撮像装置204を用いて取得される画像データの色情報205と、撮像装置304用いて取得される画像データの色情報305とは互いに異なる。従って、特性値200、300は互いに異なる。2次元画像データである場合、撮像装置に含まれる像素子(撮像センサ)の一画素ごとに特性値200、300が解析される。このため、異なる撮像レンズや異なる撮像装置を用いて取得された2次元画像データは、互いに異なる特性値画像となってしまう。

10

【0020】

そこで本実施形態では、このような課題を解決するため、特性値(特性データ)が変化する要因を補正する(撮像装置の特性などに応じて変化する要因を低減する)。本実施形態において、撮像装置204、304は、紫外光または赤外光の少なくとも一つと、少なくとも3色以上の波長情報を含む可視光を取得することが可能である。紫外光および赤外光はそれぞれ、可視光と比較して、特性値200、300を導出(決定)するために好適な波長を有する。紫外光や赤外光の波長は、物体202、302を構成する分子の特徴的な吸収を示す指紋スペクトルがある波長であり、物体202、302の物質を同定するのに有用な波長である。例えば、紫外光は無機物の物質を同定することに好適に用いられ、赤外光(近赤外光)は有機物の物質を同定することに好適に用いられる。一方、可視光は、人が物体を認識するのに有用であり、画像と物体の位置の整合性を取るのに有用である。

20

【0021】

本実施形態において、色情報205、305は、参照データ(参照情報)、すなわち経験的に得られた辞書との照合や多变量解析式により、物体に関する一意の性質や数値などの特性値200、300(特性データ)に変換される。このように画像データの色情報に基づいて特性データを決定することにより、物質の同定を行うことができる。

30

【0022】

ここで、経験的に得られた辞書とは、物体202の色情報205と物質情報とが紐づけられ、統計学的な手法により抽出された特徴量に関する情報を含む。この特徴量は、数学的に分岐線が設けられており、新規に取得した色情報205を物体202の性質に結び付けるように機能する。このような辞書を用いて性質を導出する手法として、主成分分析結果による物質弁別、CNN(Convolutional Neural Network)に代表される機械学習などがある。これらの手法により導出される特性値200は物体202の「性質」である。

40

【0023】

一方、多变量解析式とは、得られた色情報205の数値を解析する特徴的な数式を利用する手法である。特性値200に挙げられているRとIRの差と、RとIRの和との比は、農業市場においては正規化植生指数と呼ばれる指標として利用されている。ただし、本実施形態はこれに限定されるものではない。正規化水指数NDWI、正規化土壤指数ND

50

S Iなどの多くの指標や、事前学習的に色情報 2 0 5 と成分量を紐づけ、成分量と色情報 2 0 5 に相関のある検量線関数を求める手法などもある。これらの手法により導出される特性値 2 0 0 は「数値」である。

【 0 0 2 4 】

このように、色情報 2 0 5 を解析する手法に応じて特性値 2 0 0 の形は異なり、特性値 2 0 0 を導出するには事前学習的に準備した辞書や多変量解析式などの参照データが必要である。ただし参照データは、撮像レンズ 2 0 3 、撮像装置 2 0 4 、または、照明 2 0 1 (撮影環境) に応じて影響を受ける。

【 0 0 2 5 】

これに関し、図 2 乃至図 4 を参照して説明する。図 4 は、本実施形態における解析方法の説明図である。図 4 において、4 0 1 は照明、4 0 2 は物体 (被写体としての木) 、4 0 3 は撮像レンズ (撮像光学系) 、4 0 4 は撮像装置である。4 1 1 は照明 4 0 1 の照明分光分布、4 1 2 は物体 4 0 2 の反射率分光分布、4 1 3 は撮像レンズ 4 0 3 の透過率分光分布、4 1 4 は撮像装置 4 0 4 の分光感度曲線である。4 0 5 は撮像装置 4 0 4 から出力される画像データの色情報、4 0 0 は色情報 4 0 5 を解析することにより取得される特性値 (特性データ) である。反射率分光分布 4 1 2 の破線は図 3 中の物体 3 0 2 の反射率分光分布 3 1 2 に相当し、反射率分光分布 4 1 2 の実線は物体 4 0 2 の反射率分光分布を示している。

【 0 0 2 6 】

物体 2 0 2 、3 0 2 は同一の物体である。例えば特性値 2 0 0 、3 0 0 を性質として辞書を作成する場合、物体 2 0 2 、3 0 2 の状態と色情報 2 0 5 、3 0 5 とを事前的に紐づける処理を行う。例えば物体 2 0 2 、3 0 2 (木) の状態が「病気 A 」(枯れた木など) である場合、色情報 2 0 5 、3 0 5 に「病気 A 」という性質が紐づけられて事前的に学習される。しかし、撮像レンズや撮像装置などの撮像部の特性や照明光などの撮影環境が異なるため、色情報 2 0 5 、3 0 5 の数値は互いに異なり、特性値 2 0 0 、3 0 0 に関してそれぞれ異なる相関を持つ辞書となる。すなわち、物体 2 0 2 、3 0 2 は共に同じ性質の物体であるが、辞書が変化してしまう。

【 0 0 2 7 】

一方、図 4 中の照明 4 0 1 、撮像レンズ 4 0 3 、および、撮像装置 4 0 4 は、図 3 中の照明 3 0 1 、撮像レンズ 3 0 3 、および、撮像装置 3 0 4 とそれぞれ同一である。図 3 と図 4 とを比較すると、物体 4 0 2 は物体 3 0 2 と異なり、反射率分光分布 4 1 2 は反射率分光分布 3 1 2 と異なる。また、図 2 および図 4 からわかるように、色情報 4 0 5 、2 0 5 は互いに同一の数値を含む。色情報 4 0 5 を図 2 の構成で作成した辞書を用いて解析すると、色情報 2 0 5 、4 0 5 は互いに同一の情報であるため、特性値 4 0 0 (特性データ) として「病気 A 」が出力される。一方、実際には物体 2 0 2 、4 0 2 の性質は互いに異なっており、反射率分光分布 2 1 2 、4 1 2 は互いに異なる特性を有する。これは、撮像レンズ 2 0 3 、4 0 3 、撮像装置 2 0 4 、4 0 4 の変化と物体 2 0 2 、4 0 2 の変化とが逆転するためである。

【 0 0 2 8 】

このように、撮像レンズや撮像装置などの撮像部の特性がそれぞれ互いに異なると、事前学習した辞書や多変量解析式などの参照データを単純に流用することができない。これは、照明などの撮影環境が変化した場合でも同様である。従来は、このような課題に対し、以下の (1) ~ (3) のいずれかの方法で対応していた。すなわち、(1) 参照データを盲目的に用いて意味の少ない特性値を取得する、(2) 撮像レンズや撮像装置などの撮像部の種類を限定して参照データを用いる、(3) 参照データを網羅的に適用することができるようデータセットを準備する、ことである。しかしながら、いずれの場合でも、データの精度が低い、撮像部の種類が限定されたために使用範囲が狭い、および、辞書や多変量解析式を作成することが煩雑である、などの問題がある。

【 0 0 2 9 】

そこで本実施形態では、撮像レンズ 2 0 3 、3 0 3 、撮像装置 2 0 4 、3 0 4 に応じて

10

20

30

40

50

色情報が変換される条件や、撮影環境（照明 201、301）に応じて色情報が変換される条件を導出する。これらの条件を取得する手法として、設計値や測定値などを利用する事前的に取得する手法、または、撮影時での基準板の撮影や照度計測などの逐次的に取得する手法がある。ただし本実施形態は、これらの手法に限定されるものではなく、撮像レンズや撮像装置などの撮像部の条件と照明などの撮影環境の条件とを導出することが可能であれば、他の手法を用いてもよい。

【0030】

また本実施形態では、撮像装置から取得された画像データに含まれる色情報、経験的に得られた辞書や多変量解析式などの参照データ、またはその両者に対して前述の条件を用いた変換（補正）を行い、性質や特性値などの特性データを導出する。このような変換（補正）に用いられる条件として、照明分光分布、透過率分光分布、および、分光感度曲線が含まれるが、これに限定されるものではない。10

【0031】

例えば図2と図3とを比較すると、照明分光分布 211、311は互いに同一であるが、透過率分光分布 213、313および分光感度曲線 214、314はそれぞれ互いに異なっている。図2を基準すると、透過率分光分布 213および分光感度曲線 214からRの係数 3/4、IRの係数 3/2の条件が導出される。これをを利用して特性値 300を導出する。例えば、以下の（1）～（3）のいずれかの手法を用いることができるが、これに限定されるものではない。20

【0032】

（1）色情報を補正して特性値を多変量解析式で導出する

$$R = 40 \times 3/4 = 30, IR = 80 \times 3/2 = 120$$

$$(IR - R) / (IR + R) = 0.6$$

（2）色情報を補正することなく、多変量解析式を補正して特性値を導出する

$$R = 40, IR = 80$$

$$(IR \times 3/2 - R \times 3/4) / (IR \times 3/2 + R \times 3/4) = 0.6$$

（3）色情報および多変量解析式の両者を補正して特性値を導出する

$$R = 40 \times 3/4 = 30, IR = 80$$

$$(IR \times 3/2 - R) / (IR \times 3/2 + R) = 0.6$$

図2と図3とを比較すると、照明分光分布 211、311は互いに同一であるため、照明分光分布は特性値を算出する際に利用されない。本実施形態では、特性値のずれが発生する要因を補償することが主の目的であるため、ずれが発生していない条件は計算に付与しなくてもよい。一方、このような条件でも照明分光分布 211を補正すると、図2の条件で照明条件が変化した際に図3の構成と比較することが容易となる。これらは使用用途によって選択することができる。また、この事例では特性値として数値を導出しているが、辞書を用いた性質の導出でも同様に活用できる。本実施形態は、撮像レンズや撮像装置、照明に依存せずに、基準となる一つの辞書または多変量解析式（参照データ）を準備すればよい。事前学習的に準備する辞書や多変量解析式は、統計学的に導出するため、相応の労力を必要とする。一方、本実施形態では、一つの条件で辞書や多変量解析式を導出した場合、その結果を撮像部の情報や環境情報を利用して容易に流用することができる。30

【0033】

次に、色情報が変化する条件について詳述する。可視光に加えて紫外光や赤外光を選択すると、色情報 205の範囲が最短波長の2倍以上の範囲となる可能性がある。このような広帯域な波長範囲である場合、撮像レンズの透過率分光分布が大きく変化しやすい。撮像レンズの透過率を決定する大きな要因は、撮像レンズを構成するレンズの材料、枚数、および、レンズ表面に設けられる反射防止膜の性能である。その中でも、反射防止膜の性能は波長に応じて大きく変化する要因の一つである。一般的に、反射防止膜は、光学薄膜の干渉を利用して反射率を低減する。40

【0034】

ここで、図5および図6を参照して、撮像レンズの反射防止膜の特性について説明する50

。図5および図6は、反射防止膜の反射率特性の例であり、横軸は波長、縦軸は反射率をそれぞれ示している。図5は、基板の屈折率が高い材料を用いて単層膜で反射防止膜を施した例であり、その具体的な特性を表1に示す。図6は、基板の屈折率が低い材料を用いて三層薄膜で反射防止膜を施した例であり、その具体的な特性を表2に示す。なお、一般的に利用される可視光の反射率を抑制するため、波長を550nmと設定し、光学膜厚が $\lambda/4$ 、 $\lambda/2$ となるように膜の物理膜厚を設定している。これは、光学薄膜理論から好適となる膜厚である。

【0035】

【表1】

	屈折率	物理膜厚[nm]	備考
入射媒質	1.00		
薄膜1-1	1.38	99.6	$\lambda/4$
基板	1.80		

10

【0036】

【表2】

	屈折率	物理膜厚[nm]	備考
入射媒質	1.00		
薄膜2-1	1.38	99.6	$\lambda/4$
薄膜2-2	2.13	129.1	$\lambda/2$
薄膜2-3	1.63	84.4	$\lambda/4$
基板	1.80		

20

【0037】

図5と図6とを比較すると、可視域の波長(400~700nm)である可視光では好適に、反射率を低減することができていることが分かる。一方、可視域外の波長400nm以下である紫外光、および、波長700nm以上の赤外光では、反射率が上昇している。光学薄膜は干渉を利用して反射率を低減しているため、波長範囲が倍以上の範囲を全て好適に干渉させることはできない。このため、可視光に加えて紫外光または赤外光を利用すると、反射防止膜の反射率が波長帯域に応じて増大する。また、反射率の高い波長帯は、薄膜の物理膜厚に対してその特性が敏感に変化する。このため、製造誤差や膜のムラなどにより、反射率特性は変動しやすい。このように、可視光に加えて紫外光または赤外光に関する情報を含んで撮像しようとすると、撮像レンズの形状や製造方法に応じて透過率分光分布が変化する。これは、色情報が変化する要因の一つである。

30

【0038】

また、撮像装置の分光感度曲線は、撮像素子の分光感度そのものである。分光感度曲線は、撮像素子にオンチップで設けられているカラーフィルタ、およびCMOSセンサなどの撮像素子(光電変換素子)の光電変換効率に応じて決定される。撮像素子のスペックは撮像装置ごとに異なり、感度曲線も大きく異なる。これも色情報が変化する要因の一つである。

40

【0039】

一方、オンチップのカラーフィルタに限らず分光感度曲線が変化する条件もある。図7は、回折格子を利用した分光光学系の断面図である。図7において、700は撮像レンズ(撮像光学系)、710は結像レンズ、720は分光レンズである。分光レンズ720は、結像レンズ710側から順に、スリット701、コリメートレンズ702、回折格子703、および、集光レンズ704を備えて構成される。705は撮像素子(撮像センサ)である。また図7において、破線および一点鎖線はそれぞれ光路の略図である。

【0040】

50

結像レンズ 710 で結像した像面にスリット 701 が配置されている。スリット 701 は像面の一部のみを切り出し、分光光学系 720 に光を導く入口となる。スリット 701 を通過した光はコリメートレンズ 702 で平行光化され、回折格子 703 に入射する。回折格子 703 では波長に応じて回折角が変化し、集光レンズ 704 により撮像素子 705 に集光される。回折格子 703 で回折する光は、破線および一点鎖線で示されている。結像レンズ 710 としては、一般的な撮像レンズを用いることができ、例えば撮像レンズ 203、303 を用いることが可能である。このような分光特性を有する撮像光学系 700 の場合、結像レンズ 710 の透過率の減少だけではなく、分光光学系 720 の分光効率が分光感度曲線そのものに対応する。特に回折格子 703 は、波長に応じて回折効率が変化するため、その特性も色情報が変化する要因の一つである。

10

【0041】

撮像レンズは、単純な透過率だけではない要因で色が変化することがある。撮像レンズには口径食と呼ばれる、周辺光量落ちの要因とされる現象がある。一般的にコサイン四乗則と呼ばれ、斜入射になるほど入射瞳から見た見かけの面積、および立体角の関係から光量が画角のコサイン四乗で落ち込む。この主な要因は、撮像レンズを透過する光束の面積の減少であるが、透過する領域が撮像レンズの周辺であることから色についても変化する。撮像レンズの周辺は光線の入射方向に対して斜めの形状をしている場合が多く、反射防止膜の波長に対する反射率変化が大きい。また、軸外の光路は波長に応じて同一ではなく、異なる光路を通るために撮像素子に到達する色情報が変化する。この特性も色情報が変化する要因の一つである。

20

【0042】

次に、図 8 および図 9 を参照して、口径食による色の変化について説明する。図 8 は、口径食による透過率特性である。図 9 は、口径食による透過率比の特性である。撮像光学系（撮像レンズ）の画角は約 50 度である。図 8において、横軸は撮像光学系の光軸からの規格化高さ、縦軸は光軸の透過率を 1 とするときの透過率を規格化してプロットしたグラフである。ここで、破線は可視域の波長の透過率特性、実線は破線の波長の約 2 倍の波長の透過率特性をそれぞれ示している。規格化高さに対し、透過率の変動量が変化している様子がわかる。

【0043】

一方、図 9において、横軸は図 8 と同様に規格化高さ、縦軸は図 8 の実線と破線の透過率の比を示すグラフである。規格化高さが 1 のとき、実線と破線の波長では 1 割ほど落ち込み量が変化している様子がわかる。このような現象は、撮像レンズに応じて色情報が変化する要因の一つであることが分かる。このため、図 1 中の特性情報 105 のように画角のある 2 次元の画像を取得する場合には、撮像光学系の影響で場所に応じて色情報が変動する。

30

【0044】

以上のように、撮像レンズや撮像装置などの撮像部に応じて色情報が変換される条件は、物体や照明に依らない独立な条件であることが分かる。また、この条件を鑑みると、取得する波長によってダイナミックレンジが大きく変化することが分かる。すなわち、物体が単純な白色板、すなわち反射率分光分布が一定で照明の照明分光分布が一定の条件で撮影した場合、色情報の波長ごとの取得値にバラツキが有ることを意味している。これは、撮像レンズおよび撮像装置が決定されれば自動的に決定される。そこで本実施形態では、撮像レンズや撮像装置に応じて決定される感度が異なる波長情報に関し、互いに異なるノイズ低減処理が実行される。それぞれの波長に応じてダイナミックレンジが大きく変化するため、波長に応じてノイズ低減処理を変化させることが好ましい。波長に応じて感度が半分以下となる波長がある構成において、特に有効である。そのような感度が低い波長帯では強めにノイズ低減処理を適用することが好ましい。

40

【0045】

また、色情報が変化する要因の一つとして、物体を照明する照明光の状況がある。例えば太陽のような光源は、熱源からのプランク放射で決定されるため、略一意に求めること

50

ができる。一方、物体を照明するまでに、大気の状態や天候、太陽の位置などで物体に到達する光の状態が変化してしまう。例えば曇りの日と晴れの日で物体の色味が変化するのは、このような照明の条件（撮影環境）が変化しているためである。好ましくは、本実施例の撮像装置は、照明が色情報に与える影響を評価する手段を有する。

【0046】

例えば、撮像レンズや撮像装置に照度計を設け、照明条件を直接取得する手法を用いることができる。照明条件を直接取得することにより、照明条件を容易に取得することができる。また、物体（被写体）の近傍に白色板などの基準板を設置しておく手法もある。基準板は反射分光分布が既知のものである必要があり、それにより照明の条件を推定することができる。また、衛星情報や気候情報などで大気の状態を計測した外部情報を利用し、照明を推定する手法などもある。ただし本実施形態は、これらに限定されるものではなく、要旨に沿った技術を選択することが可能である。また、本実施形態の目的は、特性情報 105、115 を比較可能にすることである。このような目的においては、照明を正確に取得する必要がない場合もある。例えば屋内で常に同じ照明を利用している場合や、屋外でも非常に強い光源である太陽が支配的な場合などである。厳密にはその時々で揺らぎはあるかもしれないが、照明分光分布の形状が大きくは変化しない。このような色情報に大きな影響を与えない場合、照明に依存して色情報が変換される条件を無視することができる。

10

【0047】

また本実施形態では、照明分光分布の変化を説明したが、物体の光も撮像レンズに到達するまでに色情報が変換される可能性がある。そこで本実施形態では、撮像装置が物体までの距離を計測することが可能であり、計測された距離情報をを利用して、色情報、または、辞書や多変量解析式などの参照データを変換する。物体と撮像レンズとの間の空間における散乱などを加味することにより、物体の反射光をより高精度に推定することができる。例えば、粉塵や水中など、伝搬空間に色情報が変換される要素が有る場合、ランベルト・ペールの法則に従い減衰量を計算することができる。距離を計測する手法として、2 視点を利用した三角測量法、照明を利用した T O F 法、および、光切断法などがあるが、これらの手法に限定されるものではない。

20

【0048】

また本実施形態において、色情報の変換値とは異なる値で色情報を変換し、鑑賞用画像を形成することができる。このとき、一般的にホワイトバランスと呼ばれる白い物体を白と人が認識するために必要な変換を別途行う。このような観賞用画像は人が鑑賞するのに好適であり、物体を人が認識するのに有用である。人が認識する色情報の変換と、特性値を導出するための色情報の変換とは、互いに異なる。前者は人が認識することを可能とするため、人の比視感度や記憶色に合わせた主観的な変換を行い、後者は辞書や多変量解析式に合わせた物理的に正しい変換を行うという相違がある。

30

【0049】

本実施形態において、撮像装置が特性値の導出を行うように構成されているが、特性値を比較することができるように構成されていれば、他の装置が特性値を導出してもよい。例えば、撮像装置から取得された画像データの色情報に基づいて、外部機器上で動作する解析システム（解析装置）が特性値を導出するように構成することができる。この場合、色情報が変換される照明に関する条件、および、撮像レンズや撮像装置などの撮像部に関する条件を解析システムに導入する必要がある。導入方法は色情報に付与する方法、インターネットや L U T などのデータベースを利用する方法などがある。このような情報に基づいて、色情報または参照データ（辞書または多変量解析式）が変換され、特性値が適切な形で導出される。

40

【0050】

次に、図 10 を参照して、本実施形態における撮像装置の構成について説明する。図 10 は、撮像装置 10 のブロック図である。撮像装置 10 は、撮像部 20、解析装置 30、表示部 40、および、E E P R O M 50（取り外し可能なメモリ）を備えて構成される。

50

撮像部 20 は、撮像光学系 21 (撮像レンズ) と撮像素子 22 (撮像センサ) とを備えて構成される。撮像素子 22 は、CCD センサなどを備え、撮像光学系 21 を介して形成された被写体 60 の光学像を光電変換して画像データを出力する。本実施形態において、撮像光学系 21 は、撮像素子 22 を備えた撮像装置本体と一体的に設けられているが、これに限定されるものではない。撮像光学系 21 は、撮像装置本体に対して着脱可能であってもよい。

【0051】

解析装置 30 は、取得手段 31、記憶手段 32 (メモリ)、決定手段 33、計測手段 34、距離算出手段 35、および、画像生成手段 36 を備えて構成される。取得手段 31 は、画像データから紫外光または赤外光の少なくとも一つと可視光とに関する色情報 (例えば、図 2 乃至図 4 の色情報 205、204、405) を取得する。色情報は、撮像素子 22 の画素ごとに取得される。記憶手段 32 は、色情報に関する参照データを記憶する。決定手段 33 は、色情報と参照データと撮影条件情報 (撮像条件情報) とに基づいて、画像データに含まれる被写体 60 の特性データ (例えば、図 2 乃至図 4 の特性値 200、300、400) を決定する。特性データは、表示部 40 に表示されるとともに、EEPROM 50 に記憶される。前述のように、特性データは、色情報が共通の場合でも、撮影条件情報に応じて変化する。このため、撮影条件情報を更に利用することにより、特性データを高精度に決定することができる。

【0052】

好ましくは、撮影条件情報は、撮像部 20 に関する情報を含む。より好ましくは、撮像部 20 に関する情報は、撮像素子 22 の特性 (例えば、図 2 乃至図 4 の分光感度曲線 214、314、414) に関する情報を含む。また好ましくは、撮像部 20 に関する情報は、撮像光学系 21 の特性 (例えば、図 2 乃至図 4 の透過率分光分布 213、313、413) に関する情報を含む。撮像光学系 21 の特性として、例えば撮像光学系 21 の画角に関する情報を含むことができる。また好ましくは、撮影条件情報は、撮影環境に関する情報を含む。より好ましくは、撮影環境に関する情報は、撮影時の照明に関する情報である。より好ましくは、計測手段 34 は、照明の分光特性 (例えば、図 2 乃至図 4 の照明分光分布 211、311、411) を計測する。照明に関する情報は、照明の分光特性に関する情報を含む。また好ましくは、距離算出手段 35 は、被写体距離 (撮像部 20 から被写体 60 までの距離) を算出する。撮影環境に関する情報は、被写体距離に関する情報を含む。被写体距離に応じて、大気中の霧などの影響により光の減衰が大きくなる。例えば、被写体距離が増加するほど赤外光 (近赤外光) は大きくなる。この場合、被写体距離が増加するほど赤外光 (近赤外光) に関する色情報を小さくするように電子的な補正が行われる。

【0053】

好ましくは、色情報は、紫外光または赤外光 (近赤外光) の少なくとも一つと可視光とに関する輝度情報 (色ごとの輝度値) である。また好ましくは、色情報は、可視光に関する色情報として、R、G、B の三色の色情報 (R、G、B の三色に関する情報) を含む。また好ましくは、参照データは、所定の辞書または多変量解析式に関するデータ (所定の辞書又は多変量解析式に関する情報) である。

【0054】

好ましくは、決定手段 33 は、撮影条件情報に基づいて色情報を補正し、補正後の色情報と記憶手段 32 に記憶された参照データとを用いて特性データを決定する。また好ましくは、決定手段 33 は、撮影条件情報に基づいて記憶手段 32 に記憶された参照データを補正し、色情報と補正後の参照データとを用いて特性データを算出する。また好ましくは記憶手段 32 は、参照データと撮影条件情報とを互いに紐づけて記憶し、決定手段 33 は、記憶手段 32 に記憶された参照データおよび撮影条件情報と、撮影条件情報の変化量 (差分) とを用いて特性データを決定する。

【0055】

好ましくは、画像データは、紫外光または赤外光の少なくとも一つと可視光の波長に応

10

20

30

40

50

じて異なるノイズ低減処理を行って得られた画像データである。また好ましくは、画像生成手段36は、色情報に基づいて鑑賞用画像を生成する。生成された観賞用画像は表示部40、または、外部の表示装置（不図示）に表示される。

【0056】

本実施形態において、解析装置30の少なくとも一部の機能を撮像装置10とは別的情報処理装置（パソコンなど）に設けてもよい。このとき情報処理装置（解析装置）は、例えば、色情報および撮影条件情報を付帯させた画像データを撮像装置から取得し、情報処理装置の決定手段がそのデータに基づいて特性データを決定する。特性データは、例えば、情報処理装置の表示部に表示される。また、例えば、決定手段33の一部の機能のみ（特性データを決定する処理）をパソコンで行うこともできる。このとき、撮像装置10に設けられた決定手段33は、色情報と参照データと撮影条件情報を基づいて、画像データに含まれる被写体の特性データに関する情報（例えば、特性データを決定するために用いられるパラメータ）を決定する。パソコンは、そのパラメータを付帯させた画像データを撮像装置から取得し、パソコンに設けられた解析手段（決定手段）がそのパラメータを利用して特性データを決定する。なお、特性データに関する情報は、特性データそのものであってもよい。10

【0057】

（その他の実施形態）

本発明は、上述の実施形態の1以上の機能を実現するプログラムを、ネットワーク又は記憶媒体を介してシステム又は装置に供給し、そのシステム又は装置のコンピュータにおける1つ以上のプロセッサーがプログラムを読み出し実行する処理でも実現可能である。また、1以上の機能を実現する回路（例えば、ASIC）によっても実現可能である。20

【0058】

本実施形態の構成によれば、撮像部や撮影環境に依らず、撮影した成分情報を比較することができる。また、辞書や多変量解析式などの参照データを撮像部や撮影環境に依らず共通化することができるため、汎用性が高くなる。このため各実施形態によれば、撮影条件に依存せずに、画像データに含まれる被写体の特性データを高精度に決定することが可能な解析装置、撮像装置、解析方法、および、プログラムを提供することが可能である。

【0059】

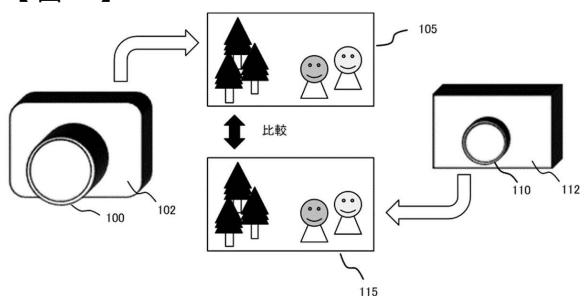
以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。30

【符号の説明】

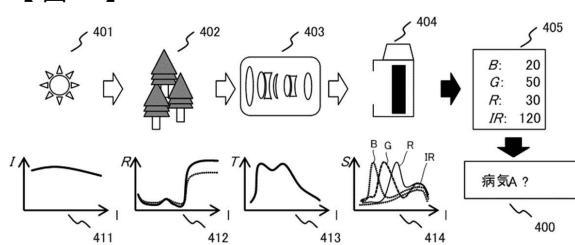
【0060】

- 30 解析装置
- 31 取得手段
- 32 記憶手段
- 33 決定手段

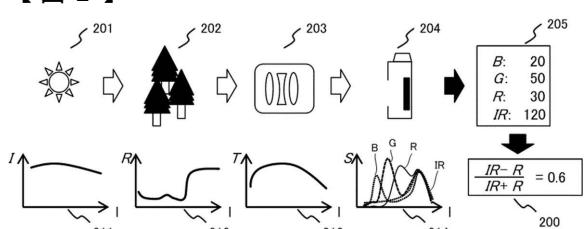
【図1】



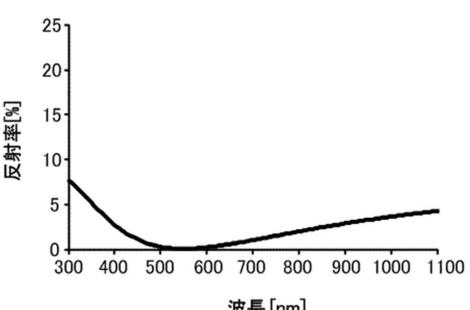
【図4】



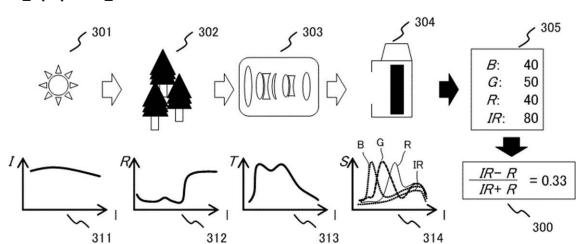
【図2】



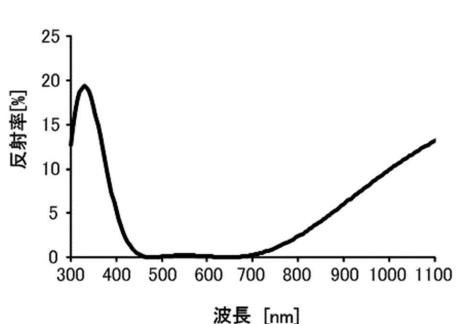
【図5】



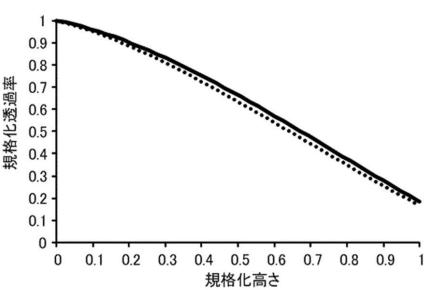
【図3】



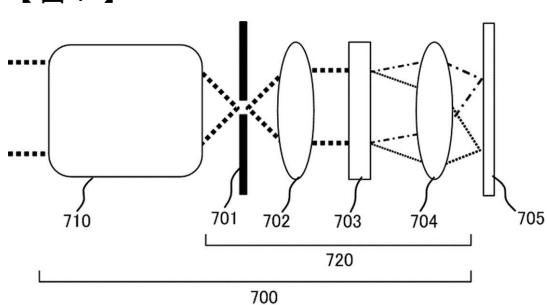
【図6】



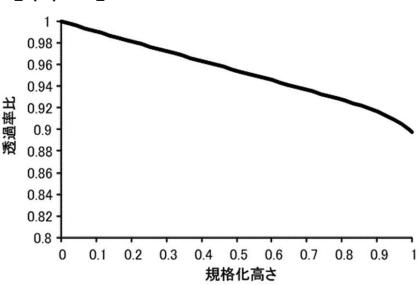
【図8】



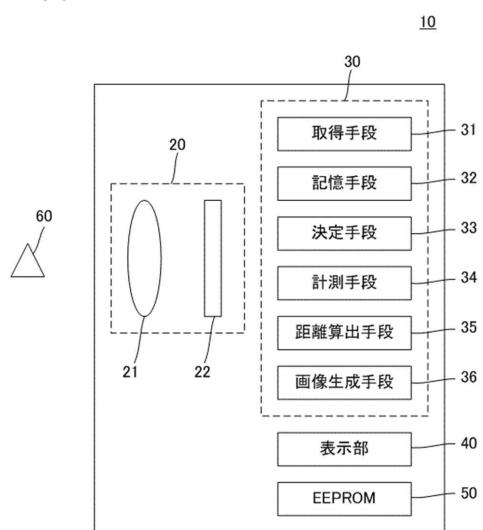
【図7】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 古賀 悠修

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

審査官 高野 美帆子

(56)参考文献 国際公開第2016/009752 (WO, A1)

特開2012-208046 (JP, A)

特開2015-036850 (JP, A)

国際公開第2016/111308 (WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06T 1/00

H04N 5/222-5/257