

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2010年8月5日(05.08.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/087162 A1

- (51) 国際特許分類:
G06T 1/00 (2006.01) H04N 1/60 (2006.01)
H04N 1/46 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/000458
- (22) 国際出願日: 2010年1月27日(27.01.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2009-015120 2009年1月27日(27.01.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本電気株式会社 (NEC Corporation) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 塚田正人 (TSUKADA, Masato) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号日本電気株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 家入健 (IEIRI, Takeshi); 〒2210835 神奈川県横浜市神奈川区鶴屋町三丁目33番8アサ

ヒビルディング 10 階 響国際特許事務所 Kanagawa (JP).

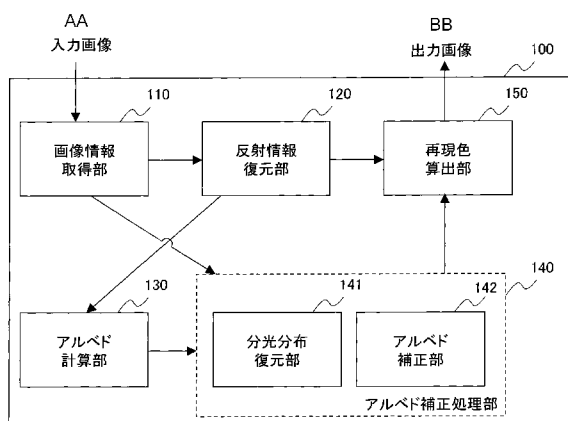
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: COLOR IMAGE PROCESSING METHOD, COLOR IMAGE PROCESSING DEVICE AND RECORDING MEDIUM

(54) 発明の名称: カラー画像処理方法、カラー画像処理装置および記録媒体

[図2]



- AA INPUT IMAGE
- 110 IMAGE INFORMATION ACQUIRING UNIT
- 130 ALBEDO CALCULATING UNIT
- 120 REFLECTION INFORMATION RECONSTRUCTING UNIT
- 141 SPECTRAL DISTRIBUTION RECONSTRUCTING SECTION
- BB OUTPUT IMAGE
- 150 REPRODUCED COLOR CALCULATING UNIT
- 142 ALBEDO CORRECTING SECTION
- 140 ALBEDO CORRECTION PROCESSING UNIT

(57) Abstract: Provided are a color image processing method and a device which improve the texture of a specific object in a color image captured by a color imager by implementing desired color reproduction of the region of the specific object. A color image processing device (100) is provided with an image information acquiring unit (110) for detecting an object region on the basis of an input image and acquiring color information and three-dimensional information relating to the object region, a reflection information reconstructing unit (120) for reconstructing a surface reflection component and a body reflection component of the object region on the basis of the color information and the three-dimensional information, an albedo calculating unit (130) for calculating an albedo by removing the surface reflection component and the body reflection component from the color information, an albedo correction processing unit (140) for reconstructing surface reflectance using the color information and the albedo, and calculating a corrected albedo obtained by correcting the albedo using the surface reflectance, and a reproduced color calculating unit (150) for calculating the reproduced color of the object region by adding the body reflection component and the surface reflection component to the corrected albedo, and generating an output image.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2010/087162 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

カラー画像機器で撮影されたカラー画像中の特定の対象物について、該特定対象物領域の所望の色再現を実現し、質感を向上させるカラー画像処理方法及び装置を提供する。カラー画像処理装置(100)は、入力画像に基づいて対象物領域を検出し、対象物領域の色情報と3次元情報とを取得する画像情報取得部(110)と、色情報と3次元情報とに基づいて、対象物領域の表面反射成分及びボディー反射成分を復元する反射情報復元部(120)と、前記色情報から表面反射成分とボディー反射成分とを除去してアルベドを算出するアルベド計算部(130)と、色情報とアルベドを用いて表面反射率を復元し、表面反射率を用いてアルベドを補正した補正アルベドを算出するアルベド補正処理部(140)と、補正アルベドへボディー反射成分と表面反射成分とを付加して対象物領域の再現色を算出し、出力画像を生成する再現色算出部(150)と、を備える。

明 細 書

発明の名称：

カラー画像処理方法、カラー画像処理装置および記録媒体

技術分野

[0001] 本発明は、カラー画像の画像処理に関し、特に、実際にカラー画像機器で撮影されたカラー画像中の物体の色補正や該物体の所望の色再現を実現し、質感を向上させるカラー画像処理方法、カラー画像処理装置、及びカラー画像処理プログラムに関する。

背景技術

[0002] カラー画像装置によって撮影されたカラー画像を高画質化する手法として、カラー画像中の特定対象物（肌色、草木の緑、青空など）の色を、その対象物の記憶色に近づけることで好ましい色を再現する手法が提案されている。

[0003] 例えば特許文献1には、カラー画像の色補正に関する技術が開示されている。特許文献1においては、画像中の対象物領域から代表色を抽出し、その代表色をあらかじめ設定された補正の中心色と比較してRGB補正パラメータを決定し、各画素の補正は中心色との距離に応じてこの補正パラメータの適用強度をコントロールして補正する。具体的には、カラー画像の各画素の色情報であるRGB値から色相、彩度、明度に変換し、その色と補正の中心色との色空間における距離を計算し、その距離に応じて補正強度を調整することで、対象物の色を重点的に補正する手法が提案されている。

[0004] この手法では、RGB色空間で補正パラメータの加減算に基づく色補正が行われる。例えば、顔の肌色の場合、RGBの補正量は、画素毎に補正の中心色との距離に応じて計算される。顔領域を全体的に明るくする場合には、顔領域のほぼ全領域の各画素のRGB値に対して、補正の中心色との上記距離に応じた補正パラメータが加減算される。また、特許文献2には、入力画像中の顔領域の検出に関する技術が開示されている。

- [0005] 特許文献3には、分光色の画像データを色補正する際に、分光色を元の次元よりも低次元の色空間に変換し、低次元色空間内で色補正を行い、低次元から適切な次元の分光色を生成する色補正装置、方法が開示されている。
- [0006] また、特許文献4には、基準白色が異なる表色系間で、色の見え方を一致させながら元色空間を目的色空間の色へ変換させる技術が開示されている。具体的には、元色空間の基準白色である元基準白色の色温度から元基準白色の分光分布特性を復元し、目的色空間の基準白色である目的基準白色の色温度から目的基準白色の分光分布特性を復元する。そして、任意の色の三刺激値と、元基準白色の光分布特性と、人間の等色関数とを利用して、元色空間における任意の色の表面反射率を復元する。さらに、復元された表面反射率と、復元された目的基準白色の分光分布特性と、人間の等色関数とに基づいて、目的色空間における色である三刺激値を求める。
- [0007] 特許文献5には、さまざまな照明環境下で撮影された自然画像における重要被写体に対し、自動的に良好な白補正を施す技術が開示されている。具体的には、特定対象物の体表色を抽出し、抽出された代表色に最適な色補正パラメータを設定する。これによって様々な照明環境下で撮影された自然画像における重要被写体に対して自動的に色補正を施すことが可能する。なお、特許文献3、4、5の発明は、後述される本発明とは全く相違した構成となっている。
- [0008] 特許文献6では、顔画像のレンダリングに人間の皮膚反射のモデル化法を提案している。この方法では、顔を3Dスキャナでスキャンして3次元形状を得る。そして、異なる視点から異なる照明方向で照らした複数の顔画像を取得する。表面スキャンデータと画像データを用いて、全反射率と法線マップを推定する。そして、光ファイバスペクトロメータを用いて表面下反射率をスキャンし、透光性マップを求める。全反射率を、表面下散乱と（鏡面）表面反射率の2つの成分に分離する。

先行技術文献

特許文献

- [0009] 特許文献1：特許第3264273号公報（段落0036-0045）
特許文献2：特開2003-317084号公報（段落0019-0021）
特許文献3：特開2004-45189号公報
特許文献4：特開平10-229499号公報
特許文献5：特開2001-92956号公報
特許文献6：特開2006-277748号公報

非特許文献

- [0010] 非特許文献1：細井 利憲、鈴木 哲明、佐藤 敦著、「一般化学習ベクトル量子化による顔検出」、FIT2002, I-30 (Sep. 2002).
非特許文献2：田島譲二著、「画像工学シリーズ10 カラー画像複製論 カラーマネジメントの基礎」、丸善株式会社、平成8年9月30日、p. 33-39

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0011] 以上の特許文献1、2、及び非特許文献1、2の開示事項は、本書に引用をもって繰り込み記載されているものとする。以下に本発明による関連技術の分析を与える。
- [0012] 特許文献1のように、カラー画像データのRGBや色相、彩度、明度といった、色の3属性を用いたカラー画像処理手法では、本来の物体の質感を低下させてしまう場合がある、という問題がある。
- [0013] その理由は、画像中のある対象物の色を明るく補正する際、通常もともと高い画素値を持っている色成分（例えば赤）については飽和し、それ以外の色成分（緑、青）については補正パラメータが加減算される現象が起こる。対象物の領域全体に、この処理が行われると、対象物の領域における色情報又は画素値の分散が小さくなり、対象物の領域における見かけの質感が低下してしまう。
- [0014] 特許文献6では、顔画像のレンダリング向けに人間の皮膚反射モデルを提案しているが、特別な測定装置である光ファイバスペクトロメータを必要と

する。このため、一般的なカラー画像処理に対する色補正への適用は困難である。

[0015] したがって、入力画像のみを利用したより容易な手法で、かつ、カラー画像中の対象物の領域の質感の低下を抑制するカラー画像処理が必要となっている。

[0016] 本発明の目的は、カラー画像機器で撮影されたカラー画像中の所定の対象物について該対象物の所望の色再現を実現し、質感を向上させるカラー画像処理方法、カラー画像処理装置及びカラー画像処理プログラムを提供することである。

課題を解決するための手段

[0017] 本発明に係るカラー画像処理方法の一態様は、入力画像に基づいて対象物領域を検出し、前記対象物領域の色情報と3次元情報とを取得し、前記色情報と前記3次元情報とに基づいて、前記対象物領域の表面反射成分及びボディー反射成分を復元し、前記色情報から表面反射成分とボディー反射成分とを除去してアルベドを算出し、前記色情報と前記アルベドを用いて表面反射率を復元し、前記表面反射率を用いて前記アルベドを補正した補正アルベドを算出し、前記補正アルベドへ前記ボディー反射成分と前記表面反射成分とを付加して前記対象物領域の再現色を算出し、出力画像を生成する。

[0018] また、本発明に係るカラー画像処理装置の一態様は、入力画像に基づいて対象物領域を検出し、前記対象物領域の色情報と3次元情報とを取得する画像情報取得部と、前記色情報と前記3次元情報とに基づいて、前記対象物領域の表面反射成分及びボディー反射成分を復元する反射情報復元部と、前記色情報から表面反射成分とボディー反射成分とを除去したアルベドを算出するアルベド計算部と、前記色情報と前記アルベドを用いて表面反射率を復元し、前記表面反射率を用いて前記アルベドを補正した補正アルベドを算出するアルベド補正処理部と、前記補正アルベドへ前記ボディー反射成分と前記表面反射成分とを付加して前記対象物領域の再現色を算出し、出力画像を生成する再現色算出部と、を備える。

[0019] さらに、本発明に係るカラー画像処理プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体の一態様は、プログラムがコンピュータに、入力画像に基づいて対象物領域を検出し、前記対象物領域の色情報と3次元情報とを取得する画像情報取得手順と、前記色情報と前記3次元情報とに基づいて、前記対象物領域の表面反射成分及びボディー反射成分を復元する反射情報復元手順と、前記色情報から表面反射成分とボディー反射成分とを除去してアルベドを算出するアルベド計算手順と、前記色情報と前記アルベドを用いて表面反射率を復元し、前記表面反射率を用いて前記アルベドを補正した補正アルベドを算出するアルベド補正処理手順と、前記補正アルベドへ前記ボディー反射成分と前記表面反射成分とを付加して前記対象物領域の再現色を算出し、出力画像を生成する再現色算出手順と、を実行させる。

発明の効果

[0020] 本発明によれば、カラー画像機器で撮影されたカラー画像中の所定の対象物について該対象物の所望の色再現を実現し、質感を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0021] [図1]本発明の実施形態の一態様におけるカラー画像処理方法の処理の流れを示す模式図である。

[図2]本発明の実施形態に係るカラー画像処理装置の構成例を示すブロック図である。

[図3]本発明の実施形態1のカラー画像処理方法の手順例を説明するフローチャートである。

[図4]入力画像中の対象物領域を自動検出し、色情報を求める処理を説明する図である。

[図5]平均的な肌色を有する日本人の顔領域の表面反射率の一例を表すグラフである。

[図6]CIE昼光の平均および第1、第2主成分ベクトルを示すグラフである。

[図7]物体の表面反射率を集め、それらを主成分分析して得られる基底ベクトルの例を示すグラフである。

[図8]対象物領域における色に関する特性パラメータ b_i ($i = 1 \sim 3$) の空間での補正を示した図である。

[図9]本発明の実施形態1のカラー画像処理装置の構成例を示すブロック図である。

[図10]本発明の実施形態2のカラー画像処理方法の手順例を説明するフローチャートである。

[図11]本発明の実施形態2のカラー画像処理装置の構成例を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0022] 以下、本発明の実施形態について、図面を参照しながら説明する。説明の明確化のため、以下の記載及び図面は、適宜、省略、及び簡略化がなされている。各図面において同一の構成または機能を有する構成要素および相当部分には、同一の符号を付し、その説明は省略する。

[0023] 本発明の実施形態の一態様について説明する。本発明においては、入力画像中の特定対象物の色を補正する際、まず、入力画像から復元された特定対象物の3次元形状（3次元情報ともいう）と撮影時の照明の幾何条件（幾何情報ともいう）とを用いて、その特定対象物上に発生している表面反射成分（ハイライト）と陰影を含んだ完全散乱成分とを算出する。次に、当該特定対象物の色情報から、表面反射成分と陰影を含んだ完全散乱成分（以下、ボディー反射成分）との影響を除去した色情報（アルベド）を用いて、該特定対象物を表現する表面反射率を精度良く復元し、あらかじめ設定されている対象物のより好ましい参照の表面反射率に近づけるような補正を行う。そして、補正された表面反射率と表面反射成分とボディー反射成分を用いて特定対象物の再現色を算出する。これにより、特定対象物の色補正後の再現色を自然に近い見えで、かつ、より好ましい色で表現する。

[0024] 図1に本発明の実施形態におけるカラー画像処理方法の処理の流れを示す

。

I. まず、カラー画像処理装置へ入力画像および入力画像に関する情報を取得する（画像情報取得処理）。具体的には、入力画像が入力され、入力画像から特定対象物が特定される。特定対象物が特定されることによって、アルベドを補正する領域（対象物領域）が検出される。また、特定対象物の3次元形状と色情報（対象物領域の色）が取得される。

I I. 次に、特定対象物の反射情報を復元する（反射情報復元処理）。具体的には、3次元形状に基づいて、照明の幾何条件が復元される。続いて、色情報、3次元形状及び照明の幾何条件を用いて、表面反射成分、及びボディー反射成分が復元される。このとき、入力画像の各画素の画素値から表面反射成分が除かれ、アルベドとボディー反射成分の積で表わされる成分が分離される。ここで、ボディー反射成分は陰影情報を含む成分である。

I I I. 特定対象物のアルベドを計算する（アルベド計算処理）。具体的には、表面反射成分が除かれた画素値を、ボディー反射成分で割ることでアルベドを算出する。

I V. アルベドを補正する（アルベド補正処理）。具体的には、特定対象物の色情報とアルベドとを用いて表面反射率を算出する。そして、算出した表面反射率を参照表面反射率に近づける。これにより、アルベドを補正する。

。

V. 補正されたアルベドへ表面反射成分とボディー反射成分とを付加し、特定対象物の再現色を算出する（再現色算出処理）。

[0025] 本明細書内では、特定対象物から検出した対象物領域は複数の画素から構成されていることを前提とする。また、各画素は色情報を有し、色情報を画素値ということもある。色情報には、少なくとも表面反射成分、ボディー反射成分を含み、その他の色情報が含まれていることを前提とする。

また、以降の説明では、特定対象物と対象物領域とは特に区別しない。

アルベドは、特定対象物の色情報から表面反射成分とボディー反射成分とを除いた色情報である。すなわち、特定対象物の画像情報（入力画像から取

得した色情報)から、表面反射成分(てかり)とボディー反射成分(影)を取り除いた色情報である。したがって、特定対象物そのものの色情報ともいえる。

対象物領域の色情報は、アルベドとボディー反射成分の積に、表面反射成分を付加したものとして表わされる。ボディー反射成分には陰影情報が含まれている。

参照表面反射率は、予め特定対象物に応じて設定された表面反射率である。参照表面反射率については後述する。

[0026] また、図2に本発明の実施形態に係るカラー画像処理装置の構成例を示す。カラー画像処理装置100は、画像情報取得部110、反射情報復元部120、アルベド計算部130、アルベド補正処理部140、及び、再現色算出部150を備える。

画像情報取得部110は、入力画像を外部から入力し、入力画像に基づいて、特定対象物を特定し、特定対象物の対象物領域を検出する。また、画像情報取得部110は、対象物領域の色情報と3次元形状とを取得する。

[0027] 反射情報復元部120は、色情報と3次元形状とに基づいて、対象物領域の陰影情報、表面反射成分及びボディー反射成分を復元する。具体的には、反射情報復元部120は、3次元情報を用いて照明の幾何情報(照明の放射照度)を復元し、3次元形状と照明の幾何情報とを用いて表面反射成分及びボディー反射成分を復元する。詳細は後述する。

アルベド計算部130は、色情報から表面反射成分を引き、さらにボディー反射成分で割ることでアルベドを算出する。

[0028] アルベド補正処理部140は、色情報とアルベドを用いて表面反射率を復元し、表面反射率を用いてアルベドを補正した補正アルベドを算出する。ここでは、アルベド補正処理部140は、分光分布復元部141とアルベド補正部142とを含む構成を示している。分光分布復元部141は、対象物領域の色情報を用いて照明の分光分布を復元する。アルベド補正部142は、復元した照明の分光分布とアルベドとを用いて、対象物領域の表面反射率を

復元する。そして、復元した表面反射率に基づいてアルベドを補正して補正アルベドを算出する。

再現色算出部 150 は、補正アルベドへ表面反射成分とボディー反射成分とを付加して対象物領域の再現色を算出し、算出した再現色を用いて出力画像を生成する。

以下実施形態に即して説明する。

[0029] (実施形態 1)

まず、本発明の実施形態 1 のカラー画像処理方法について、図面を用いて処理の流れを説明する。ここでは、図 2 に示したカラー画像処理装置 100 の構成例を用いて説明する。

図 3 は、本発明の実施形態 1 のカラー画像処理方法を説明するためのフローチャートである。なお、ここでの説明の便宜上、画像の表色系は、RGB 表色系であるものとする。すなわち、画像の色は、R (赤)、G (緑)、B (青) の組み合わせで表されるものとし、色情報 RGB と表記するものとする。なお、本発明において、RGB 以外の表色系にも適用可能であることは勿論である。

[0030] 任意に与えられたカラー画像中の特定対象物の質感を向上させるため、カラー画像中の対象物領域の各画素における再現色の再計算を行う。

[0031] ここで、特定対象物としては、個体が異なる、すなわち、個体差があったとしても、大まかな色情報、テクスチャが普遍であるため、カラー画像から得られる特徴から想定する対象物であると特定できるのであれば特に限定されるものではない。

[0032] まず、画像情報取得部 110 は、入力画像中から特定対象物を自動で検出する (ステップ S1)。このとき、画像情報取得部 110 は、検出した特定対象物における対象物領域の色情報を取得する。

図 4 に示したように、入力されたカラー画像中から特定対象物を、色情報、テクスチャなどを用いて検出する。以下では、特定対象物を人間の顔とした場合について説明する。特定対象物を人間の顔とした場合には、目、鼻、

口などの形状特徴を利用して顔領域を検出する。

[0033] 顔領域の検出手法として、例えば、非特許文献2に掲載された顔検出方法が利用できる。この手法は、一般化学習ベクトル量子化を用いた、Image-based型と目の検出を行うFeature-based型とを組み合わせた顔検出方法である。

また、入力画像から顔領域を検出する方法として、特許文献2に記載された、画像中から目を検出する方法を用いることができる。つまり、入力画像中から、目の位置が検出されれば、顔領域を推定することは容易である。

[0034] ここで、上記2つの手法はモノクロ情報を利用して顔検出を行うのが一般的であるが、さらにその検出結果である顔領域が肌色であるかの判定を追加することによって、顔領域の検出精度を向上させることも可能である。

[0035] 肌色の判定方法については、特許文献1に記載の画像ヒストグラムを利用した手法を利用することができる。顔検出方法は、上記の2つの手法に限ったものではなく、別の手法を利用しても良い。

[0036] 上記の説明では、任意に与えられた入力画像から自動検出する対象物を、顔とした場合について述べたが、顔以外のものにも対応可能である。なお、顔以外の対象物を自動検出するためには、例えば、あらかじめ登録されている対象物領域の視覚的特徴情報と、画像データの視覚的特徴情報とを比較することによって対象物を自動検出する方法などを利用することができる。

[0037] 次に、分光分布復元部141は、入力画像中の特定対象物における色情報（対象物領域の色）から、入力画像を撮影した際の照明の色情報（照明の分光分布）を復元する（ステップS2）。

ここでは、カラー画像中の対象物領域の色情報、対象物が有する表面反射特性を利用して、入力画像を撮影した際に用いたであろう照明の色情報、すなわち、照明の分光分布特性を復元する。具体的には、対象物領域の色情報RGBを取得し、取得した色情報RGBに基づいて、XYZ表色系の三刺激値XYZを求める。そして、入力画像中の対象物領域の三刺激値XYZと対象物が有する表面反射率とから、分光分布を復元する。

[0038] ここで、画像情報取得部 110 が入力画像から自動検出された特定対象物について、対象物領域の色情報を求める処理について具体的に説明する。

図 4 は、入力画像中の対象物領域を自動検出し、色情報を求める処理の概略を説明する図である。なお、対象物領域の色情報として、対象物が占める領域内に存在する画素の平均色、中央色（メジアン）、最頻色（モード）など、いずれか一つの色を対象物領域の色情報として利用することができる。

[0039] ここでは、対象物領域の色情報 RGB を取得し、取得した色情報 RGB に基づいて、XYZ 表色系の三刺激値 XYZ を求める。

以下では、入力画像の色情報 RGB に関して、この RGB の RGB 蛍光体の色度および白色の色度はあらかじめ指定されており、RGB データと表示機器の発光強度の関係が線形であるものとして説明する。

この場合、入力画像の RGB と三刺激値 XYZ との関係は、以下の式（1）で表される。

[0040] [数1]

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = RX \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} \quad (1)$$

[0041] ここで、RX は 3 × 3 変換行列である。

この変換行列 RX は、RGB の蛍光体の色度と白色の色度が決まれば一意に計算できる。

[0042] 変換行列 RX の算出方法として、例えば、非特許文献 2 に記載されている手法などが利用できる。また、現在使用しているカラー画像表示装置が、sRGB（Standard RGB）ディスプレイであれば国際電気標準会議（IEC）が規定する変換行列を用いればよい。式（1）に対して、さらにブラックの XYZ 値をオフセット項として追加してもよい。

[0043] 次に、分光分布復元部 141 は、照明の分光分布を算出する。照明の分光

分布は、入力画像を撮影した際の照明の色情報である。なお、入力画像を撮影した際の照明とは、入力画像中の対象物を照射する照明（光源）のことである。

[0044] はじめに、式（１）で得られた画像中の対象物領域の三刺激値 $X Y Z$ と対象物が有する表面反射率とから、分光分布を復元するための観測方程式を生成する。

$X Y Z$ 表色系に基づく対象物領域の色を示す三刺激値 $X Y Z$ は、対象物領域の表面反射率、その対象物を照射する照明の分光分布および人間視覚の等色関数から、以下の式（２）で表現される。

[0045] [数2]

$$\begin{aligned} X &= \int I(\lambda)R(\lambda)x(\lambda)d\lambda \\ Y &= \int I(\lambda)R(\lambda)y(\lambda)d\lambda \\ Z &= \int I(\lambda)R(\lambda)z(\lambda)d\lambda \end{aligned} \quad (2)$$

[0046] ここで、 λ は波長、 $I(\lambda)$ は照明の分光分布、 $R(\lambda)$ は対象物領域の表面反射率である。 $x(\lambda)$ 、 $y(\lambda)$ 、 $z(\lambda)$ は等色関数で既知の関数である。積分は可視光の波長領域で行われる。

いま、式（１）で計算された三刺激値 $X Y Z$ を式（２）の左辺に代入すると、式（２）は、未知である照明の分光分布 $I(\lambda)$ および $R(\lambda)$ の観測方程式となる。

しかし、現状では、波長に関する連続関数である $I(\lambda)$ および $R(\lambda)$ を、式（２）から計算することはできない。

[0047] ここで、ある程度の誤差を含んだ状態であっても、対象物領域の色を示す表面反射率 $R(\lambda)$ をあらかじめ限定あるいは決定できると仮定すると、 $R(\lambda)$ は、既知の値として扱うことができる。したがって、式（２）は、 $I(\lambda)$ のみの観測方程式となる。

例えば、対象物を日本人の顔とした場合には、図５に例示する平均的な肌色を有する日本人の顔領域の表面反射率を、式（２）の $R(\lambda)$ として用い

ることができる。図5は、平均的な肌色を有する日本人の顔領域の表面反射率を示すグラフである。横軸は波長（nm）、縦軸は、表面反射率（%）を表す。

[0048] 対象物が顔以外の場合であっても、その対象物を複数測定して得た表面反射率の平均または代表的な色を持つとして選択された対象物領域の表面反射率をあらかじめ求めておき、式（2）の $R(\lambda)$ に代入すればよい。対象物領域の表面反射率は予め取得し、カラー画像処理装置100内（例えば、アルベド補正処理部140内）に保存しておく。

照明の分光分布 $I(\lambda)$ の観測方程式である式（2）から、このままでは、 $I(\lambda)$ を解析的に計算することは出来ない。これは、本来、照明の分光分布 $I(\lambda)$ は、可視光領域において無限次元の波形で表されるためである。しかし、 $I(\lambda)$ が少ないパラメータで表現できれば、この問題は解決される。

[0049] CIE昼光は、CIE（国際照明委員会）が相対分光分布によって規定した測色用の光源であって、平均と2つの主成分の線形和でよく近似されることが知られている。

図6は、CIE昼光の平均および第1、第2主成分ベクトルを示すグラフである。横軸は波長（nm）、縦軸は照明や光源の各波長における分光分布スペクトルパワーを表している。

このことから、照明の分光分布 $I(\lambda)$ を以下のように表すことができる。

[0050] [数3]

$$I(\lambda) = I_0(\lambda) + a_1 I_1(\lambda) + a_2 I_2(\lambda) \quad (3)$$

[0051] 式（3）における $I_i(\lambda)$ （ $i=0\sim 2$ ）は、図6に示す照明の平均および基底ベクトルである。

a_i （ $i=1\sim 2$ ）は、各基底ベクトルの重み係数で、照明の色を表現する

特性パラメータとなる。

[0052] 式(3)の $I(\lambda)$ を式(2)に代入すると、照明の色を表現する未知の特性パラメータ a_1 および a_2 に関する2元一次連立方程式となり、容易に a_1 、 a_2 を計算することが出来る。

得られた照明の色を表現する特性パラメータ a_1 、 a_2 を、式(3)に代入することによって、照明の分光分布 $I(\lambda)$ が得られる。

以上の手順にて得られた照明の分光分布を、入力画像を撮影した際の照明の分光分布 $I(\lambda)$ とする。

[0053] 次に、画像情報取得部110は、画像中の特定対象物の3次元形状を復元する(ステップS3)。いま、特定対象物は人間の顔として説明しており、この場合、以下の文献(以降、非特許文献3という)の手法が利用できる。この手法では、予め人間の顔形状について平均的な3D情報を有する顔モデルを用いて、2D画像中の顔の3次元形状を推定する。

[0054] 非特許文献3：石山 墨著、「一般3D顔モデルを用いた姿勢変換による非正面顔画像の照合」、電子情報通信学会、2007年総合大会、D-12-085、2007年、p. 201。

上記は、特定対象物として人間の顔に特化した場合の3D形状復元方法であるが、個体差があっても大体普遍的な形状を有する特定対象物であれば、非特許文献3をその特定対象物に拡張することで、入力画像からおおよその3次元形状を復元できる。

[0055] [数4]

ここで、入力画像中の特定対象物の3次元形状が復元されることは、画像中の各画素位置における法線ベクトル \vec{n} が得られたことを意味する。

[0056] 入力画像中の特定対象物の見かけの色は、情景中の照明とその対象物との幾何条件が影響を与える。すなわち、照明と対象物の幾何条件が変化するとその対象物の見かけの色も変化する。

[0057] そこで、次に入力画像中の特定対象物に対する照明の幾何条件を復元する（ステップS 4）。本発明では、実際の見かけの色を表現するために簡単な物理反射モデルを適用する。以下の三つの文献に物理モデルに関する技術が記載されている（以降各文献を、非特許文献4、5、6という）。

[0058] 非特許文献4 : R. Basri and D. Jacobs, "Lambertian Reflectance and Linear Subspaces", Proc. IEEE Intl. Conf. Computer Vision 01, pp.383-389, 2001.

非特許文献5 : R. Ramamoorthi and P. Hanrahan, "An efficient representation for irradiance environment maps", [online], Proc. ACM SIGGRAPH 01, pp. 497-500, 2001, [平成21年1月26日検索]、インターネット<URL: <http://www1.cs.columbia.edu/~ravir/papers/envmap/envmap.pdf>>

非特許文献6 : Ravi Ramamoorthi and Pat Hanrahan: "On the relationship between radiance and irradiance: determining the illumination from images of a convex Lambertian object", J. Opt. Soc. Am. A/Vol. 18, No. 10/October 2001.

[0059]

[数5]

非特許文献4および非特許文献5では、キャストシャドーや近接照明の影響を無視した場合、対象物領域の見かけの放射照度E

(irradiance)は、法線ベクトル \vec{n} のみの関数で表され、球面調和関数を用いることによって、よく近似できるとしている。いま、方向ベクトル $\vec{\omega}$ からの遠距離照明を $L(\vec{\omega})$ と表した場合、完全拡散物の半球 $\Omega(\vec{n})$ 上の放射照度は以下のように表される。

$$E(\vec{n}) = \int_{\Omega(\vec{n})} L(\vec{\omega})(\vec{n} \cdot \vec{\omega}) d\vec{\omega} \quad (4)$$

ここで、 \vec{n} と $\vec{\omega}$ は単位方向ベクトルである。

放射照度は、位置ベクトル \vec{p} における表面アルベド $\rho(\vec{p})$ でスケーリングされる。画像における輝度に対応するラジオシティB(Radiosity)は、以下のように表される。

$$B(\vec{p}, \vec{n}) = \rho(\vec{p}) E(\vec{n}) \quad (5)$$

[0060] いま、ランバーシャン面上の観測値(放射照度irradiance)から、照明条件を推定することを考える。上記の通り、キャストシャドーや近接照明の影響を無視できるとした仮定の下、照明は、凸物体の表面上では、非負の関数である。非特許文献4および5では、球面調和関数を用いてこの関数を表現している。

[0061] 球面調和 Y_{lm} ($l \geq 0$ 、 $-l \leq m \leq l$)は、直線あるいは円に対するフーリエ基底と、球面上で相似形となる。9個の球面調和($l \leq 2$)は、デカルト座標(x、y、z)の定数($l=0$)あるいは一次式($l=1$)あるいは2次多項式($l=2$)となり、以下のように表される。

[0062]

[数6]

$$(x, y, z) = (\sin \theta \cos \phi, \sin \theta \sin \phi, \cos \theta)$$

$$Y_{00} = \frac{1}{\sqrt{4\pi}} B(\vec{p}, \vec{n}) = \rho(\vec{p}) E(\vec{n}) \quad (6)$$

$$(Y_{1-1}, Y_{10}, Y_{11}) = \sqrt{\frac{3}{4\pi}} (y, z, x) \quad (7)$$

$$(Y_{2-2}, Y_{2-1}, Y_{21}) = 3 \sqrt{\frac{5}{12\pi}} (xy, yz, xz) \quad (8)$$

$$Y_{20} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{5}{4\pi}} (3z^2 - 1) \quad (9)$$

$$Y_{22} = \frac{3}{2} \sqrt{\frac{5}{12\pi}} (x^2 - y^2) \quad (10)$$

[0063] [数7]

$L(\vec{n})$ と $E(\vec{n})$ は、球面調和展開において係数 L_{lm} と E_{lm} で表される。

$$L(\vec{n}) = \sum_{l=0}^{\infty} \sum_{m=-l}^l L_{lm} Y_{lm}(\vec{n}) \quad (11)$$

$$E(\vec{n}) = \sum_{l=0}^{\infty} \sum_{m=-l}^l E_{lm} Y_{lm}(\vec{n}) \quad (12)$$

[0064] [数8]

$A = \vec{n} \cdot \vec{\omega}$ を A_l で表す。 A は、方位角依存性を有しないので、 $m=0$ とインデックス l のみ用いる。

$$A(\vec{n}) = \max[\cos \theta, 0] = \sum_{l=0}^{\infty} A_l Y_{l0}(\vec{n}) \quad (13)$$

そして、これらの定義から、非特許文献6で示されているように、 E_{lm} は以下のように表される。

$$E_{lm} = \sqrt{\frac{4\pi}{2l+1}} A_l L_{lm} \quad (14)$$

ここで、以下のように変数 \hat{A}_l を用いる。

$$\hat{A}_l = \sqrt{\frac{4\pi}{2l+1}} A_l \quad (15)$$

[0065]

[数9]

レンダリングに対して、放射照度 E (irradiance) は以下のよ
うに表される。

$$E(\theta, \phi) = \sum_{l=0}^{\infty} \sum_{m=-l}^l \hat{A}_l L_{lm} Y_{lm}(\vec{n}) \quad (16)$$

ここで、 \hat{A}_l に対する解析式は非特許文献6から導き出せる。

\hat{A}_l は、 $l > 1$ の奇数に対して消滅し、偶数の l に対して、
 $l^{-\frac{5}{2}}$ として急速に落ちる。

$$l=1 \text{ のとき、} \quad \hat{A}_1 = \frac{2\pi}{3} \quad (17)$$

$$l > 1 \text{ の奇数とき、} \quad \hat{A}_l = 0 \quad (18)$$

l が偶数のとき、

$$\hat{A}_l = 2\pi \frac{(-1)^{\frac{l-1}{2}}}{(l+2)(l-1)} \left[\frac{l!}{2^l \left(\frac{l}{2}!\right)^2} \right] \quad (19)$$

[0066]

[数10]

数値的には、

$$\begin{aligned} \hat{A}_0 &= 3.141593, \quad \hat{A}_1 = 2.094395, \quad \hat{A}_2 = 0.785398, \quad \hat{A}_3 = 0 \\ \hat{A}_4 &= -0.130900, \quad \hat{A}_5 = 0, \quad \hat{A}_6 = 0.049087 \quad \text{となる。} \end{aligned}$$

[0067] 以上により、式(16)で表わされる特定対象物の各画素における放射照度 E が得られる。すなわち、入力画像中の特定対象物に対する照明の幾何条件を復元できたことを意味する。ここでは、放射照度 E を幾何条件とみなす。

[0068] 次に、反射情報復元部120は、入力画像中の特定対象物における表面反射成分及びボディー反射成分を復元(計算)する(ステップS5)。

一般に対象物の反射率は入射光と放射光の幾何条件に依存する。一般に、この反射特性は双方向反射率分布関数BRDF(Bidirectional Reflectance Distribution Function)として表現される。BRDFでは、表面反射成分(Secular component)とボディー反射成分(Body reflection component)の2つの成分から構成される場合が多い。

[0069] 特定対象物が入などの生物の場合、表面反射成分とボディー反射成分は次のようになる。

表面反射成分は、皮膚の表面で反射する成分である。

ボディー成分は、一旦、皮膚内部に入射し、その内部で拡散された光が、再度皮膚を通じて発散する光の成分である。

[0070] いま、特定対象物の表面反射特性がランバーシャン(Lambertian)、すなわち完全拡散であると仮定することで、ステップS4で示したように球面調和によって、特定対象物の各画素における放射照度を算出した。完全拡散を仮定していることから、この放射照度 E を特定対象物の拡散反射成分(あるいはボディー反射成分)DR(Diffuse Reflection)と見做すことができる

。なお、ここでは、放射照度 E はカラーチャンネル（たとえば、 R 、 G 、 B など）毎に算出されているものとし、 E_i と表現する。 i は各カラーチャンネルを表す。拡散反射成分（ボディー反射成分）も同様に DR_i と表現する。

$$[0071] \quad E_i = DR_i \quad (20)$$

[0072] いま、拡散反射成分（ボディー反射成分）は、特定対象物がランバーシャンであると仮定して計算されているが、実際には拡散反射成分（ボディー反射成分）ではなく表面反射成分を含んでいる。つまり、入力画像の各カラーチャンネルの画素値は、拡散反射成分（ボディー反射成分）と表面反射成分を含んだそのカラーチャンネルにおける見かけの明るさを表していると言える。拡散反射成分（ボディー反射成分）は、対象物領域において最小二乗法などにより算出されており、必ずしも放射照度が画素値と一致するわけではない。ここで生じる差異が、表面反射成分であるとすることができる。したがって、特定対象物の領域におけるある画素の各カラーチャンネルの表面反射成分 SP_i は、以下の式で計算する。

$$[0073] \quad \begin{aligned} SP_i &= I_i - DR_i \text{ のとき} && I_i - DR_i > 0 \\ &= 0 \text{ のとき} && \text{上記以外} \end{aligned} \quad (21)$$

ここで、 I_i は、入力画像の特定対象物領域におけるある画素の画素値を現しており、 i はカラーチャンネル（たとえば、 R 、 G 、 B など）を表している。

[0074] 入力画像の特定対象物領域におけるある画素のボディー反射成分 BR_i は、画像の画素値 I_i から表面反射成分 SP_i を引いたものとして得られる。 $BR_i = I_i - SP_i = \text{Min}(I_i, DR_i)$ (22)

ここで、 $\text{Min}(x, y)$ は、 x と y の最小値を出力する関数である。

[0075] そして、拡散反射成分（ボディー反射成分） DR_i のルミナンス（輝度）が対象物領域の陰影情報（*Shading*）である。陰影情報は入力画像の特定対象物の領域におけるある画素の拡散反射成分（ボディー反射成分） DR_i の輝度を表しており、式（1）で計算できる。式（1）で計算される三刺激値 Y （三刺激値のうちの Y 成分）を、対象物の3次元形状と照明の幾何

から生じる陰影情報とすれば、アルベドは、色情報から陰影情報を取り除いた色情報であると定義してもよい。

[0076] 次に、アルベド計算部 130 は、入力画像中の特定対象物領域におけるある画素のアルベドを計算する（ステップ S6）。具体的には、アルベド計算部 130 は、入力画像中の特定対象物領域におけるある画素の各カラーチャネルのアルベド AD_i を以下の式にしたがって算出する。

$$AD_i = BR_i / Y \quad (23)$$

[0077] つぎに、アルベド補正処理部 140 は、入力画像中の特定対象物における各画素のアルベドと照明の分光分布から、表面反射率 $R(\lambda)$ を復元する（ステップ S7）。

いま、入力画像は、RGB 表色系の画像であるものとして説明する。

特定対象物の領域におけるアルベド AD_i で表される各画素の RGB 値から、式（1）に従って、三刺激値 $X Y Z$ を計算し、式（2）の左辺に代入する。

[0078] そして、ステップ S2 で計算された入力画像を撮影した際の照明の分光分布 $I_{org}(\lambda)$ を、式（2）の右辺に代入すると、式（2）は、特定対象物の領域のある画素における表面反射率 $R(\lambda)$ に関する観測方程式となる。

ここで、特定対象物の表面反射率についても、照明の分光分布と同様に可視光領域において無限次元の波形で表されるため、これを観測方程式（2）から解析的に計算することは出来ない。

そこで、特定対象物の表面反射率についても低次元の基底ベクトルの加重和で表す有限次元線形モデルを用いてモデル化する。

[0079] [数11]

$$R(\lambda) = r_0(\lambda) + b_1 r_1(\lambda) + b_2 r_2(\lambda) + b_3 r_3(\lambda) \quad (24)$$

[0080] ここで、 $r_i(\lambda)$ ($i = 0 \sim 3$) は、多くの物体の表面反射率を集め、それを主成分分析して得られる基底ベクトルであり、それぞれ平均、第一主成

分ベクトル～第三主成分ベクトルを表しており、すべて既知である。

b_i ($i = 1 \sim 3$) は、各基底ベクトルの重み係数で、物体の色を表現する未知の特性パラメータとなる。

[0081] 図7は、物体の表面反射率を主成分分析して得られた基底ベクトルの例である。横軸は波長 (nm)、縦軸は照明や光源の各波長における分光分布スペクトルパワーを表している。

なお、特定対象物の表面反射率を多数集めて、それらを主成分分析して得られる基底ベクトルを用いても良い。

[0082] いま、特定対象物の表面反射率が、式(24)のように表わせられるとすれば、未知の特性パラメータ $b_1 \sim b_3$ は、式(24)を観測方程式、式(2)に代入することにより得られる3元一次連立方程式である式(5)によって求められる。

[0083] [数12]

$$\begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} M(x, r_1) & M(x, r_2) & M(x, r_3) \\ M(y, r_1) & M(y, r_2) & M(y, r_3) \\ M(z, r_1) & M(z, r_2) & M(z, r_3) \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} X - M(x, r_0) \\ Y - M(y, r_0) \\ Z - M(z, r_0) \end{pmatrix}$$

(25)

[0084] ここで、 $M(x, r_i)$ ($i = 0 \sim 3$) は、 $\int I(\lambda) r_i(\lambda) x(\lambda) d\lambda$ の積分項を表わす。 y 、 z についても同様である。

式(25)で得られた物体の色を表現する特性パラメータ b_i ($i = 1 \sim 3$) を、式(24)に代入することで、対象物の領域における任意の画素における表面反射率が求められる。

[0085] 次に、対象物領域の参照表面反射率を利用して、入力画像中の対象物における各画素の再現表面反射率を算出し補正後のアルベドを計算する(ステップS8)。

ステップS7で算出した入力画像中の対象物における各画素の表面反射率

を、その対象物領域の望ましい色が再現できるように設定された参照表面反射率を基に補正する。

[0086] ここで、対象物領域の参照表面反射率とは、その対象物領域の望ましい色が再現できるように設定された表面反射率である。より具体的には、その対象物を標準照明下で撮影して得たカラー画像において、その対象物が良好で、かつ、好ましい色（明度、彩度、色相）になるような表面反射率のことである。

この参照表面反射率は、人間の主観に依存するため一意に定義できるものではないが、主観評価実験を実施することであらかじめ求めておくことができる。例えば、画像処理ツールを用いて画像中の対象物領域の色を様々に変化させてその画質を評価する。そして、評価した中で最も好ましいと判断されたときの画像について、上述のステップS2およびステップS3を適用する。これにより、対象物領域における各画素の参照表面反射率を求めることができる。

[0087] ここで、参照表面反射率として、その対象物領域から3つ以上の色をあらかじめ選択しておき、その選択された色の平均色、中央色（メジアン）、最頻色（モード）に相当する画素の色について、その表面反射率を対象物領域の参照表面反射率を $R_{ref}(\lambda)$ としてもよい。

[0088] また、対象物領域内の最も明るい色、最も暗い色、最も彩度の高い色、最も彩度の低い色や、対象物領域内の色分布を解析し、色相の両端に位置する色などについても、その対象物領域の参照表面反射率 $R_{ref}(\lambda)$ としてもよい。

さらに、入力画像中の対象物において形状的な特徴が利用できる場合には、その領域における色に対する表面反射率を、その対象物領域の参照表面反射率を $R_{ref}(\lambda)$ としてもよい。例えば、対象物が顔の場合、頬、目尻、額などが特徴領域として与えられる。

[0089] これらの特徴領域におけるある程度の範囲内に存在する画素の平均色を求め、その平均色に対する表面反射率を算出し、その対象物領域の参照表面反

射率 $R_{ref}(\lambda)$ としてもよい。

以上の手法で、その対象物領域の参照表面反射率をあらかじめ得ておくことができる。

- [0090] 入力画像中の特定対象物における各画素の表面反射率 $R(\lambda)$ を、参照表面反射率である $R_{ref}(\lambda)$ を利用して補正することによって、再現表面反射率 $R_{md}(\lambda)$ を算出する。すなわち、対象物領域の色を良好に再現するための参照表面反射率である $R_{ref}(\lambda)$ を利用して、好ましい色を再現する再現表面反射率 $R_{md}(\lambda)$ を算出する

再現表面反射率 $R_{md}(\lambda)$ の計算方法の一例を以下に示す。

$$R_{md}(\lambda) = \alpha \cdot R(\lambda) + (1 - \alpha) \cdot R_{ref}(\lambda) \quad (26)$$

ここで、 α は、ゼロ以上 1.0 以下 ($0 \leq \alpha \leq 1.0$) の実数である。

- [0091] また、以下の補正方法も利用可能である。

まず、入力画像中の特定対象物における色の平均色、中央色（メジアン）、もしくは最頻色（モード）に相当する画素の色について、その表面反射率を求め、これを $R_{avg}(\lambda)$ とする。参照表面反射率については、上述の $R_{ref}(\lambda)$ を用いる。

- [0092] いま、波長 λ に関する関数 $F(\lambda)$ を以下のように定義する。

$$F(\lambda) = R_{ref}(\lambda) / R_{avg}(\lambda) \quad (27)$$

そして、入力画像中の特定対象物における各画素の表面反射率 $R(\lambda)$ を、以下のように補正して、好ましい色を再現する再現表面反射率 $R_{md}(\lambda)$ を算出する。

$$R_{md}(\lambda) = \alpha \cdot F(\lambda) \cdot R(\lambda) + (1 - \alpha) \cdot R(\lambda) \quad (28)$$

ここで、 α は、ゼロ以上 1.0 以下 ($0 \leq \alpha \leq 1.0$) の実数である。

- [0093] さらに、対象物領域における表面反射率に対する補正の結果として、一つの表面反射率に補正されることによって対象物領域内の再現色の分散が小さくならないように工夫することもできる。

対象物領域内の色の分散が小さくなってしまうと、質感の低下を引き起こしてしまう場合があるからである。

[0094] 本実施形態においては、特定対象物の領域における各画素に対してアルベドから算出された表面反射率を構成する特性パラメータ b_i ($i = 1 \sim 3$) を補正することにより、画像中の対象物領域の色を補正する。

特性パラメータ b_i ($i = 1 \sim 3$) に対する補正式の一例を以下に示す。

[0095] [数13]

$$\begin{pmatrix} b_1' \\ b_2' \\ b_3' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix} \quad (29)$$

[0096] ここで、特性パラメータ b_i' ($i = 1 \sim 3$) は、補正後の特性パラメータである。

3×3 行列が補正行列であり、その要素 m_{ij} ($i, j = 1 \sim 3$) は以下のようにして算出する。

[0097] 上述のように特定対象物に対する3個以上の参照表面反射率 $R_{ref}(i, \lambda)$ ($i = 0 \sim n, n \geq 3$) を予め用意しておく。たとえば、特定対象物の領域における色の平均色、中央色（メジアン）、最頻色（モード）や、対象物領域内の最も明るい色、最も暗い色、最も彩度の高い色、最も彩度の低い色や、対象物領域内の色分布を解析し、色相の両端に位置する色、または、入力画像中の対象物において形状的な特徴が利用できる場合には、その領域における色などに相当する参照表面反射率である。

それぞれに対して、入力画像中の対象物領域において同じ性質を有する色を求め、それらの色について表面反射率を求める。

[0098] つまり、1個目の参照表面反射率 $R_{ref}(1, \lambda)$ が、上述の最も好ましいと判断された画像中における対象物領域の平均色に対する表面反射率であった場合には、入力画像中の対象物領域における平均色に対する表面反射率 $R(1, \lambda)$ を求める。

[0099] ここで、 $R_{ref}(1, \lambda)$ の特性パラメータを $b_{r1,i}$ ($i = 1 \sim 3$)、 $R(1, \lambda)$ の特性パラメータを $b_{1,i}$ ($i = 1 \sim 3$) とする。

入力画像中の対象物領域における平均色を、好ましいと判断されたときの画像中の対象物領域における中心色に補正する。 $R_{ref}(1, \lambda)$ の特性パラメータである $b_{r1,i}$ ($i = 1 \sim 3$) を、式(29)の左辺の特性パラメータ $b_{i'}$ ($i = 1 \sim 3$) に、 $R(1, \lambda)$ の特性パラメータを $b_{1,i}$ ($i = 1 \sim 3$) を、式(29)の右辺の特性パラメータ b_i ($i = 1 \sim 3$) に代入する。

すると、式(29)は、未知である要素 m_{ij} ($i, j = 1 \sim 3$) に関する連立方程式となる。

対象物における3個以上の色について同様にすれば、方程式と未知数との数の関係から、未知である要素 m_{ij} ($i, j = 1 \sim 3$) を解くことができ、式(29)の補正行列が得られる。

[0100] 図8は、対象物領域における3個の色について、特性パラメータ b_i ($i = 1 \sim 3$) の空間で、上記の補正の関係を示したものである。

図8からもわかるように、入力画像中の特定対象物の領域における特性パラメータの分布が、望ましい色再現をもたらす参照表面反射率における特性パラメータの分布に維持されることで色の分散の変化(偏りや低下)を抑えることができ、補正後の色の質感が損なわれることがない。

[0101] また、逆に、入力画像中の特定対象物の領域における特性パラメータの分布が大きく分散している場合には、参照表面反射率における特性パラメータの分布の分散に調整されることで、色の分散が大きすぎることによる質感の低下も改善できる。

入力画像中の対象物における各画素の表面反射率を構成する特性パラメータ b_i ($i = 1 \sim 3$) に、式(29)の補正行列を適用して、補正後の特性パラメータを算出し、式(24)に代入することで、入力画像中の対象物における各画素の補正後の再現表面反射率を得ることが出来る。

[0102] そして、入力画像中の対象物における各画素の補正後の色の算出は、照明

の分光分布と再現表面反射率を式（２）の右辺に代入して、三刺激値 X' Y' Z' を計算する。補正後のアルベド AD_i' （ i はカラーチャネルを表す）を計算する。RGB の場合には以下のようにして計算する。

[0103] [数14]

$$\begin{pmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{pmatrix} = XR \begin{pmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{pmatrix} \quad (30)$$

[0104] ここで、 XR は、式（１）の行列 RX の逆行列であり、既知の値である。

[0105] 次に、補正後のアルベドと陰影情報（拡散反射成分の輝度）と表面反射成分とを用いて、入力画像中の対象物における各画素の補正後の色を算出する（ステップ S9）。

補正後のアルベド AD_i' に拡散反射成分の輝度を乗算し、ボディー反射成分 BR_i' を計算する。

$$BR_i' = AD_i' \times Y \quad (31)$$

ここで、 Y は拡散反射成分 DR_i の輝度、すなわち、式（１）で求められる三刺激値の Y 成分である。そして、ボディー反射成分 BR_i に表面反射成分 SP_i を加算することで、色補正後の画素値 I_i' が得られる。

$$I_i' = BR_i' + SP_i \quad (32)$$

上記した方法にしたがって、入力画像中の対象物領域の色を補正した画像を出力画像として出力する。

[0106] 以上は、入力画像および出力画像のデバイス依存カラーが RGB である場合について説明したが、CMY や CMYK などの RGB 以外のデバイス依存カラーであったとしても、そのデバイス依存カラーとデバイス非依存カラーの三刺激値 XYZ との対応関係が得られれば、RGB 以外の画像についても本発明の色補正方法を適用できる。なお、デバイス依存カラーとは、出力先のデバイスに依存する色空間を意味する。

[0107] なお、図3において、ステップS2の照明の分光分布（照明の色情報）の復元する処理は、ステップS7より前の段階で処理されていればよく、必ずしも図3の処理の順番で処理されなくてもよい。

[0108] 次に、本発明の実施形態1のカラー画像処理方法を適用したカラー画像処理装置（色補正装置）について説明する。図9は、本発明の実施形態1のカラー画像処理装置の構成例を示す図である。

カラー画像処理装置101は、入力画像1に対して色補正を施し出力画像2を出力する装置である。カラー画像処理装置101は、対象物領域検出部3と、分光分布復元部（照明の分光分布復元部）4と、代表表面反射率保存メモリ（対象物領域の代表表面反射率保存メモリ）5と、3次元情報復元部（対象物領域の3次元情報復元部）6と、反射情報復元部（対象物領域の表面反射成分とボディー反射成分復元部）7と、アルベド計算部（対象物領域のアルベド計算部）8と、表面反射率復元部（対象物領域の表面反射率復元部）9と、補正アルベド算出部（表面反射率補正によるアルベド補正部）10と、参照表面反射率保存メモリ（対象物領域の参照表面反射率保存メモリ）11と、再現色算出部（対象物領域の再現色算出部）12と、を備える。

[0109] 対象物領域検出部3は、入力画像1が与えられると、入力画像1を解析し、予め想定された特定対象物を検出し、検出した特定対象物における対象物領域を示す情報を出力する。対象物領域を示す情報には、対象物領域の色情報も含まれる。具体的には、対象物領域検出部3は、対象物領域の色情報を、ステップS2の前半で説明した対象物領域の色情報を取得する手順によって求める。

ここで、入力画像1から検出する対象物は、上記のように、人の顔などのようにその対象物領域の色と形状特徴がある程度限定できるものである。検出方法については、上記した手法に従えばよい。なお、入力画像1から目的とする対象物が検出されない場合には、入力画像1を出力画像2として出力する。

[0110] 分光分布復元部4は、対象物領域における色情報と、対象物領域の代表的

な表面反射率とを用い、入力画像中の照明の分光分布を復元する。対象物領域は、対象物領域検出部 3 によって検出される。具体的には、分光分布復元部 4 は、対象物領域における照明の分光分布（照明の色情報）を、対象物領域から、図 3 のステップ S 2 の後半で説明した分光分布を復元する手順によって求める。また、対象物領域の代表表面反射率保存メモリ 5 から対象物領域の代表的な表面反射率を読み出す。そして、分光分布復元部 4 は、対象物領域における色情報と対象物領域の代表的な表面反射率とを用いて、照明の分光分布を、ステップ S 2 に記載した処理に従って復元する。すなわち、分光分布復元部 4 では、前述した図 3 のステップ S 2 に相当する処理が実行される。

[0111] 対象物領域の代表表面反射率保存メモリ 5 は、対象物領域の代表的な表面反射率（対象物領域の代表表面反射率）を保存する。対象物領域の代表表面反射率は、予め設定された値を用いる。

[0112] 3次元情報復元部 6 は、対象物領域検出部 3 によって検出された対象物領域の 3次元形状を復元する。3次元情報復元部 6 では、上述のステップ S 3 に相当する処理が実行される。

[0113] 反射情報復元部 7 は、まず、対象物領域の 3次元形状（すなわち、法線ベクトル）を利用して、対象物における放射照度 E （照明の幾何条件）を復元する。そして、色情報、3次元形状及び放射照度 E を用いて、表面反射成分及びボディー反射成分を復元する。

3次元形状は、3次元情報復元部 6 によって算出される。対象物領域の 3次元形状は、図 3 のステップ S 4 に記載したように、法線ベクトルである。反射情報復元部 7 では、放射照度の計算として、上述のステップ S 4 で述べた処理が実行される。

また、反射情報復元部 7 は、上述のステップ S 5 で述べた処理方法に従って、対象物領域における表面反射成分及びボディー反射成分を復元（算出）する。

[0114] アルベド計算部 8 は、反射情報復元部 7 で得られたボディー反射成分 DR

i の輝度、すなわち陰影情報を取り除いた色情報であるアルベドを算出する。計算は上述のステップ S 6 で述べた処理手順に従う。

[0115] 表面反射率復元部 9 は、復元された照明の分光分布と対象物領域のアルベドとから、対象物領域における各画素の表面反射率を上記の方法に従って復元する。表面反射率復元部 9 では、前述した図 3 のステップ S 7 に相当する処理が実行される。

[0116] 補正アルベド算出部 10 は、参照表面反射率保存メモリ 11 に記憶されている対象物領域の参照表面反射率を用いて、復元された対象物領域における各画素の表面反射率を上記の方法に従って補正し、再現表面反射率を計算する。そして、照明の分光分布と再現表面反射率とから補正後のアルベド（補正アルベド）を算出する。補正アルベド算出部 10 では、前述した図 3 のステップ S 8 に相当する処理が実行される。

[0117] 参照表面反射率保存メモリ 11 は、対象物領域の参照表面反射率を記憶する。参照表面反射率保存メモリ 11 は、3 以上の対象物領域の参照表面反射率を記憶することが好ましい。複数の参照表面反射率を用いることにより、特定対象物そのものの色情報により近づけることができる。

[0118] 再現色算出部 12 は、補正された対象物領域における各画素のアルベドと、拡散反射成分（ボディー反射成分）の輝度すなわち陰影情報と、表面反射成分とを用いて、入力画像中の対象物における各画素の補正後の色を算出し出力画像として出力する。再現色算出部 12 では、前述した図 3 のステップ S 9 に相当する処理が実行される。

[0119] また、実施形態 1 のカラー画像処理装置 101 と、図 2 に示したカラー画像処理装置 100 とは次のように関係づけることができる。

画像情報取得部 110 は、対象物領域検出部 3 と、3 次元情報復元部 6 とによって構成される。

反射情報復元部 120 は、反射情報復元部 7 に対応する。

アルベド計算部 130 は、アルベド計算部 8 に対応する。

アルベド補正処理部 140 において、分光分布復元部 141 は、分光分布

復元部 4 と対象物領域の代表表面反射率保存メモリ 5 とによって構成される。また、アルベド補正部 1 4 2 は、表面反射率復元部 9、補正アルベド算出部 1 0、及び参照表面反射率保存メモリ 1 1 によって構成される。

再現色算出部 1 5 0 は、再現色算出部 1 2 に対応する。

なお、図 2 または図 9 に示したカラー画像処理装置の構成は一例であり、同様の機能を実現する装置であればその他の構成をとってもよい。

[0120] さらに、カラー画像処理装置 1 0 1 は、コンピュータで実現可能であり、カラー画像処理装置を構成する各構成要素、すなわち、対象物領域検出部 3 と、分光分布復元部 4 と、対象物領域の代表表面反射率保存メモリ 5 と、3次元情報復元部 6 と、反射情報復元部 7 と、アルベド計算部 8 と、表面反射率復元部 9 と、補正アルベド算出部 1 0 と、参照表面反射率保存メモリ 1 1 と、再現色算出部 1 2 は、コンピュータの中央処理装置（CPU）に上述した機能を実現させるためのプログラムとして実現可能である。

カラー画像処理装置を構成する各構成要素がコンピュータで実現可能であること、およびプログラムとして実現可能であることは、実施形態 1 に限らず、その他の実施形態でも同様である。

[0121] （実施形態 2）

次に、実施形態 2 のカラー画像処理方法について説明する。図 1 0 は、本発明による実施形態 2 のカラー画像処理方法を示すフローチャートである。実施形態 2 のカラー画像処理方法は、実施形態 1 のカラー画像処理方法のステップ S 7、ステップ S 8（図 3）で行われる 2 つの処理を一つにまとめた処理を実施する。具体的には、入力画像中の対象物における各画素の表面反射率を復元する処理（ステップ S 7）と、復元された表面反射率を補正して、補正後のアルベドを計算する処理（ステップ S 8）とを、線形計算に基づく補正式に置き換える。これによって、実施形態 1 のカラー画像処理方法と同等の補正結果をもたらすカラー画像処理方法である。

図 1 0 におけるステップ S 1 からステップ S 6 とステップ S 9 の処理は、実施形態 1 における処理と同様であるため説明を省略し、ステップ S 1 0 に

ついて、図2に示す構成例を用いて説明する。

[0122] まず、ステップS10では、アルベド補正処理部140は、ステップS8の式(29)における3行3列の要素 m_{ij} ($i, j = 1 \sim 3$)で構成される対象物領域における表面反射率を補正する行列を、ステップS7で述べた対象物領域における表面反射率の算出方法を用いて計算する。具体的には、ステップS10では、ステップS9で行われる補正後の再現色の計算結果と同じ結果を与える線形変換に基づく計算式を構築する。

[0123] いま、ステップS2において、分光分布復元部141が、入力画像を撮影した際の照明の分光分布 $I(\lambda)$ を復元しているものとする。また、アルベド補正部142は、図3のステップS7と同様の処理によって、入力画像中の対象物領域におけるある画素の表面反射率 $R(\lambda)$ を復元する。すなわち、物体の色を表す特性パラメータ b_i ($i = 1 \sim 3$)が得られている状態である。そして、アルベド補正部142は、図3のステップS8と同様の処理によって、表面反射率を補正する 3×3 行列の補正行列を得る。

その結果、補正後の対象物領域の表面反射率 $R'(\lambda)$ の特性パラメータ b_i' ($i = 1 \sim 3$)は式(29)で算出される。次に、補正後の表面反射率 $R'(\lambda)$ は、特性パラメータ b_i' ($i = 1 \sim 3$)を式(24)に代入することで計算される。補正後の表面反射率 $R'(\lambda)$ は、式(33)のようになる。

[0124] [数15]

$$R'(\lambda) = r_0(\lambda) + b_1' r_1(\lambda) + b_2' r_2(\lambda) + b_3' r_3(\lambda) \quad (33)$$

[0125] 補正後の対象物領域の色の三刺激値 $X' Y' Z'$ は、以下のように表される。

[0126]

[数16]

$$\begin{aligned}
 X' &= \int I(\lambda) R'(\lambda) x(\lambda) d\lambda \\
 Y' &= \int I(\lambda) R'(\lambda) y(\lambda) d\lambda \\
 Z' &= \int I(\lambda) R'(\lambda) z(\lambda) d\lambda
 \end{aligned}
 \tag{34}$$

[0127] 式(34)の右辺に、式(33)を代入し、線形変換の形式で表すと以下のようになる。

[0128] [数17]

$$\begin{pmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} M(x, r_1) & M(x, r_2) & M(x, r_3) \\ M(y, r_1) & M(y, r_2) & M(y, r_3) \\ M(z, r_1) & M(z, r_2) & M(z, r_3) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} b_1' \\ b_2' \\ b_3' \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} M(x, r_0) \\ M(y, r_0) \\ M(z, r_0) \end{pmatrix}$$

(35)

[0129] ここで、 $M(x, r_i)$ ($i=0\sim 3$)は、 $\int I(\lambda) r_i(\lambda) x(\lambda) d\lambda$ の積分項を表わす。 y 、 z についても同様である。式(34)は、式(25)および式(29)から以下のように表現される。

[0130]

[数18]

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} M(x, r_1) & M(x, r_2) & M(x, r_3) \\ M(y, r_1) & M(y, r_2) & M(y, r_3) \\ M(z, r_1) & M(z, r_2) & M(z, r_3) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} M(x, r_1) & M(x, r_2) & M(x, r_3) \\ M(y, r_1) & M(y, r_2) & M(y, r_3) \\ M(z, r_1) & M(z, r_2) & M(z, r_3) \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} X - M(x, r_0) \\ Y - M(y, r_0) \\ Z - M(z, r_0) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} M(x, r_0) \\ M(y, r_0) \\ M(z, r_0) \end{pmatrix} \tag{36}$$

[0131] 式 (36) は、次に式 (37) のように纏めることができる。

[0132]

[数19]

$$\begin{pmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{pmatrix} = A \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} + B \quad (37)$$

[0133] ここで、行列Aは、以下の式(38)で表される 3×3 行列であり、行列Bは、以下の式(39)で表される 3×1 行列であって、いずれも定数行列となる。

[0134]

[数20]

$$A = \begin{pmatrix} M(x, r_1) & M(x, r_2) & M(x, r_3) \\ M(y, r_1) & M(y, r_2) & M(y, r_3) \\ M(z, r_1) & M(z, r_2) & M(z, r_3) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} M(x, r_1) & M(x, r_2) & M(x, r_3) \\ M(y, r_1) & M(y, r_2) & M(y, r_3) \\ M(z, r_1) & M(z, r_2) & M(z, r_3) \end{pmatrix}^{-1} \quad (38)$$

$$B = \begin{pmatrix} M(x, r_0) \\ M(y, r_0) \\ M(z, r_0) \end{pmatrix} - A \begin{pmatrix} M(x, r_0) \\ M(y, r_0) \\ M(z, r_0) \end{pmatrix} \quad (39)$$

[0135] 色情報を補正する式である式(37)が得られれば、入力画像中の対象物領域における全ての画素について三刺激値XYZを算出し、式(37)を用

いて補正後の三刺激値 X' Y' Z' を計算する。そして、式 (30) を用いることで、補正後の R' G' B' 、すなわち補正後のアルベドが線形変換を利用して得られる。

このように、一つの線形計算に基づく補正式に置き換えることによって、処理時間の高速化を図ることができる。

[0136] 図 11 は、本発明によるカラー画像処理装置の実施形態 2 の構成を示すブロック図である。本実施形態のカラー画像処理装置 102 は、入力画像 1 に対して色補正を施し、出力画像 2 を出力する装置である。カラー画像処理装置 102 は、対象物領域検出部 3 と、分光分布復元部 4 と、対象物領域の代表表面反射率保存メモリ 5 と、3次元情報復元部 6 と、反射情報復元部 7 と、アルベド計算部 8 と、アルベド補正部 13 と、参照表面反射率保存メモリ 11 と、再現色算出部 12 とを備える。

[0137] カラー画像処理装置 102 は、カラー画像処理装置 101 の表面反射率復元部 9 と、補正アルベド算出部 10 をアルベド補正部 13 に置き換えたものである。したがって、アルベド補正部 13 についてのみ説明する。

[0138] アルベド補正部 13 では、前述した図 10 のステップ S10 に相当する処理が実行される。すなわち、アルベド補正部 13 は、式 (37) で表される対象物領域の色を補正する補正式を作成する。そして、アルベド補正部 13 は、対象物領域の画素について式 (37) による色補正によって補正後のアルベドを算出する。

具体的には、アルベド補正部 13 は、補正式の作成において、照明の分光分布とアルベドとを用いて、対象物領域の表面反射率を復元し、表面反射率を用いて、アルベドを補正する補正式を作成する。また、アルベド補正部 13 は、参照表面反射率を用いて表面反射率を補正して再現表面反射率を算出し、再現表面反射率を用いて補正式を作成する。参照表面反射率は、参照表面反射率保存メモリ 11 に記憶されている。

[0139] (その他の実施形態)

上記各実施形態のカラー画像処理方法及び装置は、コンピュータを用いて

実現することができる。カラー画像処理方法及び装置の各処理は、ソフトウェア、ハードウェア、ファームウェアのいずれか二つ以上の組み合わせで実現することもできる。

例えば、図2に示すカラー画像処理装置100を、プログラムを用いて実現する場合、プログラム（プログラムの命令群）は、少なくとも次の手順をコンピュータに実行させる。プログラムは、コンピュータのメモリにロードされ、CPUの制御のもとで各命令が実行される。

[0140] (a) 入力画像を入力し、入力画像に基づいて対象物領域を検出し、前記対象物領域の色情報と3次元形状とを取得する画像情報取得手順。この手順は、図2の画像情報取得部110に対応する。(b) 色情報と3次元形状とに基づいて、対象物領域の表面反射成分及びボディー反射成分を復元する反射情報復元手順。この手順は、図2の反射情報復元部120に対応する。(c) 色情報から表面反射成分とボディー反射成分とを差し引いたアルベドを算出するアルベド計算手順。この手順は、図2のアルベド計算部130に対応する。(d) 色情報とアルベドを用いて表面反射率を復元し、表面反射率を用いてアルベドを補正した補正アルベドを算出するアルベド補正処理手順。この手順は、図2のアルベド補正処理部140に対応する。(e) 補正アルベドへ陰影情報と表面反射成分とを付加して対象物領域の再現色を算出し、算出した再現色を用いて出力画像を生成する再現色算出手順。この手順は、図2の再現色算出部150に対応する。

[0141] また、アルベド補正処理手順は、具体的には次の手順によって実現してもよい。

(f) 色情報を用いて照明の分光分布を復元する分光分布復元手順。(g) 照明の分光分布と前記アルベドとを用いて、対象物領域の表面反射率を復元し、復元した表面反射率に基づいてアルベドを補正して補正アルベドを算出するアルベド補正手順。

[0142] アルベド補正手順は、より具体的には、予め参照表面反射率保存メモリに保存した対象物領域に対応する参照表面反射率を用いて表面反射率を補正し

て再現表面反射率を算出し、前記再現表面反射率を用いて前記アルベドを補正する。

さらに、参照表面反射率保存メモリは、3以上の参照表面反射率を保存することが好ましい。この場合、アルベド補正手順は、3以上の参照表面反射率を用いて、前記表面反射率を補正する。

[0143] 分光分布復元手順は、より具体的には、色情報に加え、予め設定された対象物領域に対応する代表表面反射率を用いて復元する。

[0144] さらに、アルベド補正手順は、例えば、実施形態2で説明したように、アルベドを補正する補正式を作成し、補正式を用いた行列変換によって補正アルベドを算出してもよい。

なお、上述した各手順は、プログラムで実現する手順の一例を示したものであり、これらに限られることはない。また、複数の手順のうちの一部をハードウェアやファームウェアによって実現することも可能である。

プログラムは、記録媒体に記録して提供することも可能であり、また、インターネットその他の通信媒体を介して伝送することにより提供することも可能である。また、記憶媒体には、例えば、フレキシブルディスク、ハードディスク、磁気ディスク、光磁気ディスク、CD-ROM、DVD、ROMカートリッジ、バッテリーバックアップ付きRAMメモリカートリッジ、フラッシュメモリカートリッジ、不揮発性RAMカートリッジ等が含まれる。また、通信媒体には、電話回線等の有線通信媒体、マイクロ波回線等の無線通信媒体等が含まれる。

[0145] 以上説明したように、本発明に係る実施形態の一態様によれば、カラー画像機器で撮影されたカラー画像中の特定の対象物について、該特定対象物領域の所望の色再現を実現し、質感を劣化させることを防止し、質感を維持もしくは向上させることができる。

[0146] また、本発明の実施形態の一態様によれば、カラー画像データのRGBや色相、彩度、明度といった色の3属性を用いたカラー画像処理では本来の物体の質感が低下するという課題を解決し、カラー画像機器で撮影されたカラ

一画像中の特定対象物について質感を落とすことなく対象物領域の所望の色再現を実現することができる。また、本発明によれば、光ファイバスペクトロメータなどの測定装置を必要としないため、入力画像のみを利用したより容易な手法が実現できる。

[0147] 以上、実施の形態を参照して本願発明を説明したが、本願発明は上記によって限定されるものではない。本願発明の構成や詳細には、発明のScope内で当業者が理解し得る様々な変更をすることができる。

[0148] この出願は、2009年1月27日に提出された日本出願特願2009-015120を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

産業上の利用可能性

[0149] 本発明は、カラー画像入出力装置における色補正を実現する機能に適用できる。また、本発明は、コンピュータシステムで動作するプログラムの形態とすることで、任意のカラー画像に対する色補正ソフトウェアあるいはユーティリティとしても適用可能である。

符号の説明

- [0150]
- 1 入力画像
 - 2 出力画像
 - 3 対象物領域検出部
 - 4 分光分布復元部
 - 5 対象物領域の代表表面反射率保存メモリ
 - 6 3次元情報復元部
 - 7 反射情報復元部
 - 8 アルベド計算部
 - 9 表面反射率復元部
 - 10 補正アルベド算出部
 - 11 参照表面反射率保存メモリ
 - 12 再現色算出部

- 13、142 アルベド補正部
- 100、101、102 カラー画像処理装置
- 110 画像情報取得部
- 120 反射情報復元部
- 130 アルベド計算部
- 140 アルベド補正処理部
- 141 分光分布復元部
- 150 再現色算出部

請求の範囲

- [請求項1] 入力画像に基づいて対象物領域を検出し、
前記対象物領域の色情報と3次元情報とを取得し、
前記色情報と前記3次元情報とに基づいて、前記対象物領域の表面反射成分及びボディー反射成分を復元し、
前記色情報から表面反射成分とボディー反射成分とを除去してアルベドを算出し、
前記色情報と前記アルベドを用いて表面反射率を復元し、
前記表面反射率を用いて前記アルベドを補正した補正アルベドを算出し、
前記補正アルベドへ前記ボディー反射成分と前記表面反射成分とを付加して前記対象物領域の再現色を算出し、出力画像を生成するカラー画像処理方法。
- [請求項2] 前記表面反射率の復元は、前記色情報を用いて照明の分光分布を復元し、前記照明の分光分布と前記アルベドとを用いて、前記対象物領域の表面反射率を復元することを特徴とする請求項1記載のカラー画像処理方法。
- [請求項3] 前記補正アルベドの算出は、予め前記対象物領域に応じて設定され、参照表面反射率保存メモリに保存した参照表面反射率を用いて前記表面反射率を補正して再現表面反射率を算出し、前記再現表面反射率を用いてアルベドを補正することを特徴とする請求項2記載のカラー画像処理方法。
- [請求項4] 前記参照表面反射率保存メモリは、3以上の参照表面反射率を保存し、
前記補正アルベドの算出は、前記3以上の参照表面反射率を用いて、前記表面反射率を補正することを特徴とする請求項3記載のカラー画像処理方法。
- [請求項5] 前記照明の分光分布の復元は、前記色情報に加え、予め前記対象物

領域に応じて設定された代表表面反射率を用いて復元することを特徴とする請求項2乃至4のいずれか一項に記載のカラー画像処理方法。

[請求項6] 前記補正アルベドの算出は、前記アルベドを補正する補正式を作成し、前記補正式を用いた行列変換によって補正アルベドを算出することを特徴とする請求項1乃至5のいずれか一項に記載のカラー画像処理方法。

[請求項7] 入力画像に基づいて対象物領域を検出し、前記対象物領域の色情報と3次元情報とを取得する画像情報取得手段と、

前記色情報と前記3次元情報とに基づいて、前記対象物領域の表面反射成分及びボディー反射成分を復元する反射情報復元手段と、

前記色情報から表面反射成分とボディー反射成分とを除去したアルベドを算出するアルベド計算手段と、

前記色情報と前記アルベドを用いて表面反射率を復元し、前記表面反射率を用いて前記アルベドを補正した補正アルベドを算出するアルベド補正処理手段と、

前記補正アルベドへ前記ボディー反射成分と前記表面反射成分とを付加して前記対象物領域の再現色を算出し、出力画像を生成する再現色算出手段と、を備えるカラー画像処理装置。

[請求項8] 前記アルベド補正処理手段は、
前記色情報を用いて照明の分光分布を復元する分光分布復元手段と

、

前記照明の分光分布と前記アルベドとを用いて、前記対象物領域の表面反射率を復元する表面反射率復元手段と、

前記表面反射率を用いて前記アルベドを補正して補正アルベドを算出する補正アルベド算出手段と、を有することを特徴とする請求項7に記載のカラー画像処理装置。

[請求項9] 前記アルベド補正処理手段は、
予め前記対象物領域に応じて設定された参照表面反射率を保存する

参照表面反射率保存メモリを、さらに備え、

前記補正アルベド算出手段は、前記参照表面反射率を用いて前記表面反射率を補正して再現表面反射率を算出し、前記再現表面反射率を用いてアルベドを補正することを特徴とする請求項 8 記載のカラー画像処理装置。

[請求項10] 前記参照表面反射率保存メモリは、3以上の参照表面反射率を保存し、

前記補正アルベド算出手段は、前記3以上の参照表面反射率を用いて、前記表面反射率を補正することを特徴とする請求項 9 記載のカラー画像処理装置。

[請求項11] 前記アルベド補正処理手段は、

前記色情報を用いて照明の分光分布を復元する分光分布復元手段と、

前記照明の分光分布と前記アルベドとを用いて、対象物領域の表面反射率を復元し、前記表面反射率を用いて、前記アルベドを補正する補正式を作成し、前記補正式を用いた行列変換によって補正アルベドを算出するアルベド補正手段と、を有することを特徴とする請求項 7 記載のカラー画像処理装置。

[請求項12] 前記アルベド補正処理手段は、

前記対象物領域の参照表面反射率を保存する参照表面反射率保存メモリを、さらに備え、

前記アルベド補正手段は、前記参照表面反射率を用いて前記表面反射率を補正して再現表面反射率を算出し、再現表面反射率を用いて前記補正式を作成することを特徴とする請求項 11 記載のカラー画像処理装置。

[請求項13] 前記分光分布復元手段は、

前記対象物領域の代表表面反射率を保存する代表表面反射率保存メモリを備え、

前記色情報に加え、前記対象物領域の代表表面反射率を用いて前記照明の分光分布を復元することを特徴とする請求項 8 乃至 12 のいずれか一項に記載のカラー画像処理装置。

[請求項14]

コンピュータに、

入力画像に基づいて対象物領域を検出し、前記対象物領域の色情報と 3 次元情報とを取得する画像情報取得手順と、

前記色情報と前記 3 次元情報とに基づいて、前記対象物領域の表面反射成分及びボディー反射成分を復元する反射情報復元手順と、

前記色情報から表面反射成分とボディー反射成分とを除去してアルベドを算出するアルベド計算手順と、

前記色情報と前記アルベドを用いて表面反射率を復元し、前記表面反射率を用いて前記アルベドを補正した補正アルベドを算出するアルベド補正処理手順と、

前記補正アルベドへ前記ボディー反射成分と前記表面反射成分とを付加して前記対象物領域の再現色を算出し、出力画像を生成する再現色算出手順と、を実行させるカラー画像処理プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

[請求項15]

アルベド補正処理手順は、

前記色情報を用いて照明の分光分布を復元する分光分布復元手順と、

前記照明の分光分布と前記アルベドとを用いて、前記対象物領域の表面反射率を復元し、前記表面反射率を用いてアルベドを補正して補正アルベドを算出するアルベド補正手順と、を備えることを特徴とする請求項 14 記載のカラー画像処理プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

[請求項16]

前記アルベド補正手順は、予め前記対象物領域に応じて設定され、参照表面反射率保存メモリに保存した参照表面反射率を用いて前記表面反射率を補正して再現表面反射率を算出し、前記再現表面反射率を

用いて前記アルベドを補正することを特徴とする請求項 15 記載のカラー画像処理プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

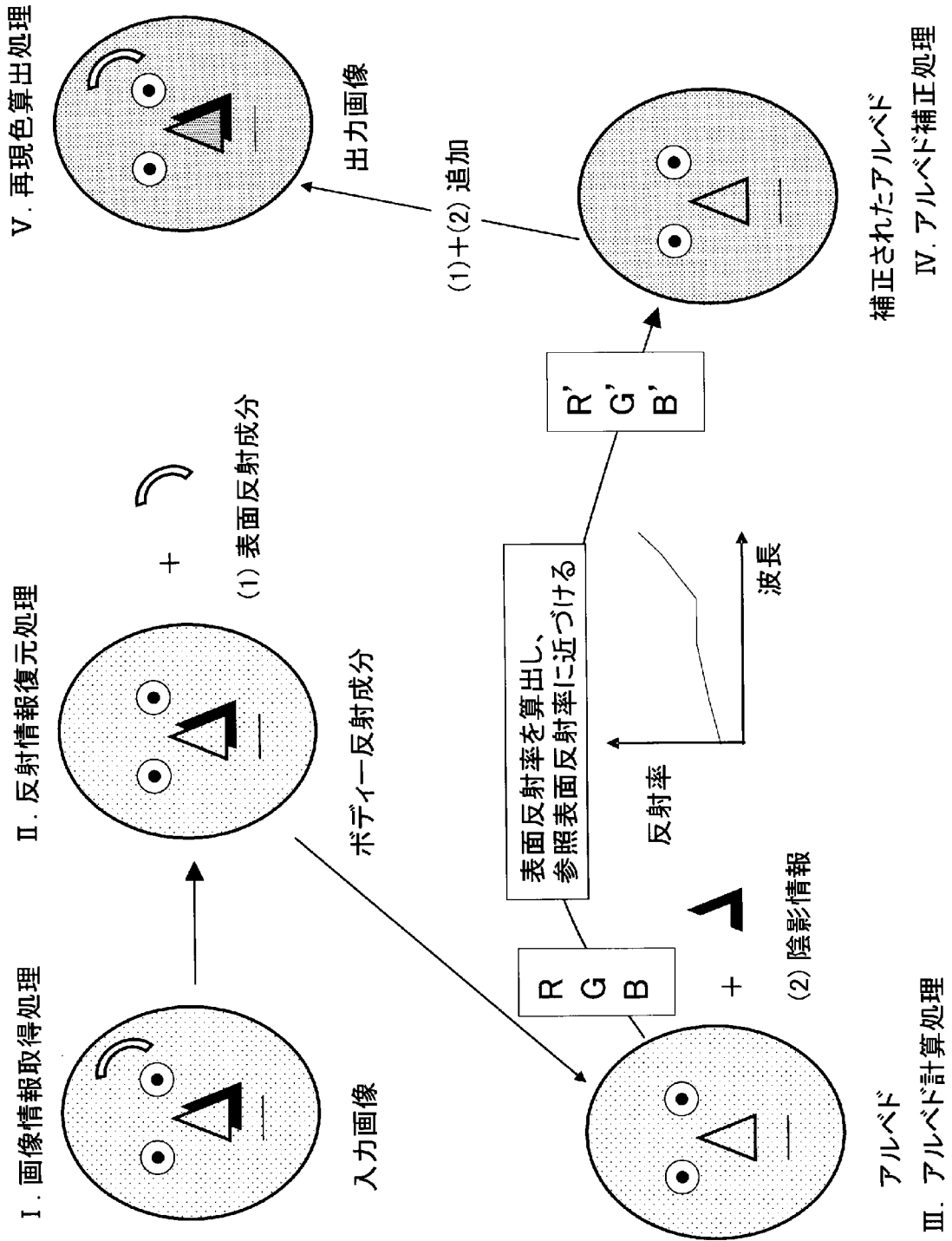
[請求項17] 前記参照表面反射率保存メモリは、3以上の参照表面反射率を保存し、

前記アルベド補正手順は、前記3以上の参照表面反射率を用いて、前記表面反射率を補正することを特徴とする請求項 16 記載のカラー画像処理プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

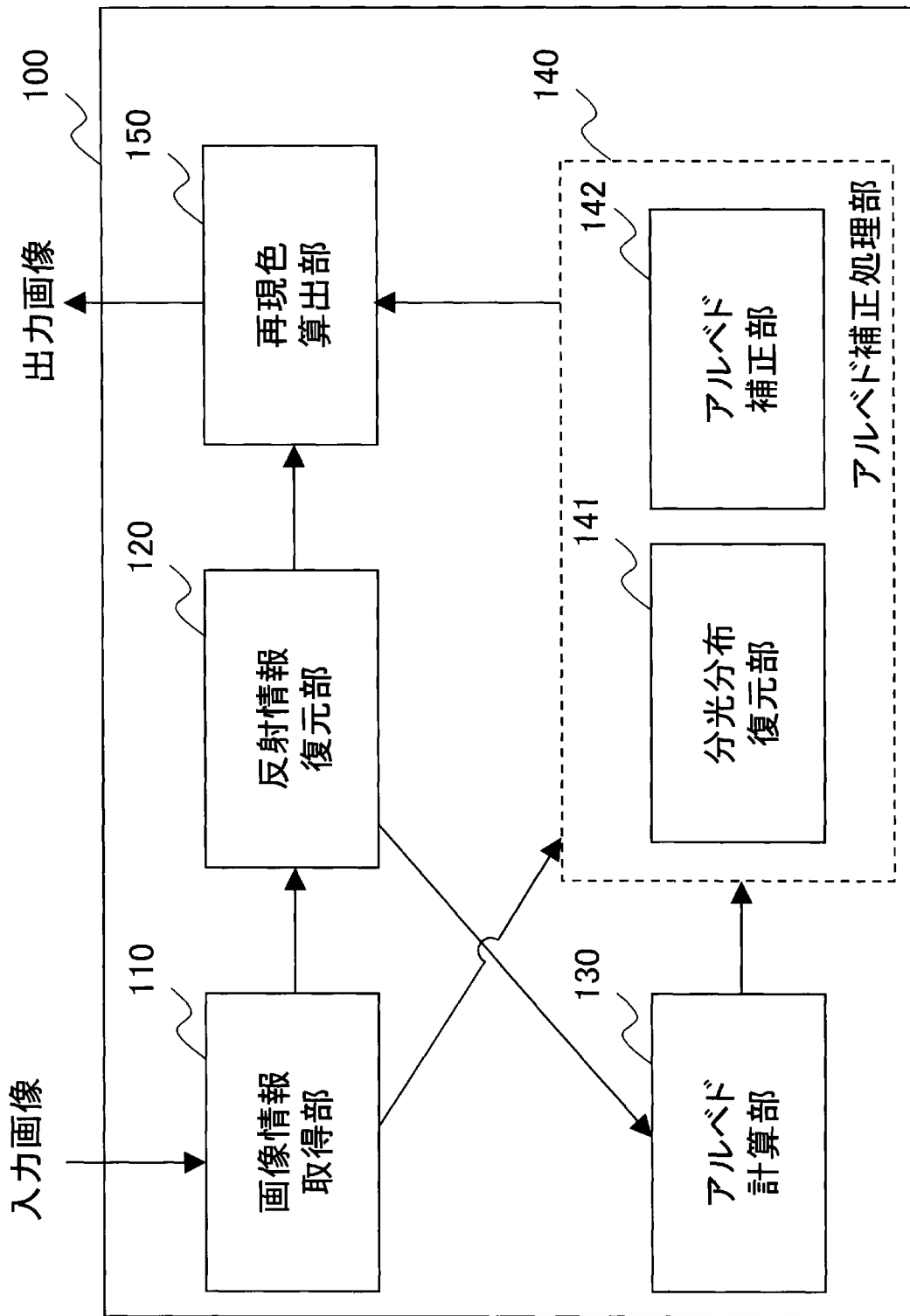
[請求項18] 前記分光分布復元手順は、前記色情報に加え、予め前記対象物領域に応じて設定された代表表面反射率を用いて復元することを特徴とする請求項 15 乃至 17 のいずれか一項に記載のカラー画像処理プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

[請求項19] 前記アルベド補正手順は、前記アルベドを補正する補正式を作成し、前記補正式を用いた行列変換によって補正アルベドを算出することを特徴とする請求項 14 乃至 18 のいずれか一項に記載のカラー画像処理プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

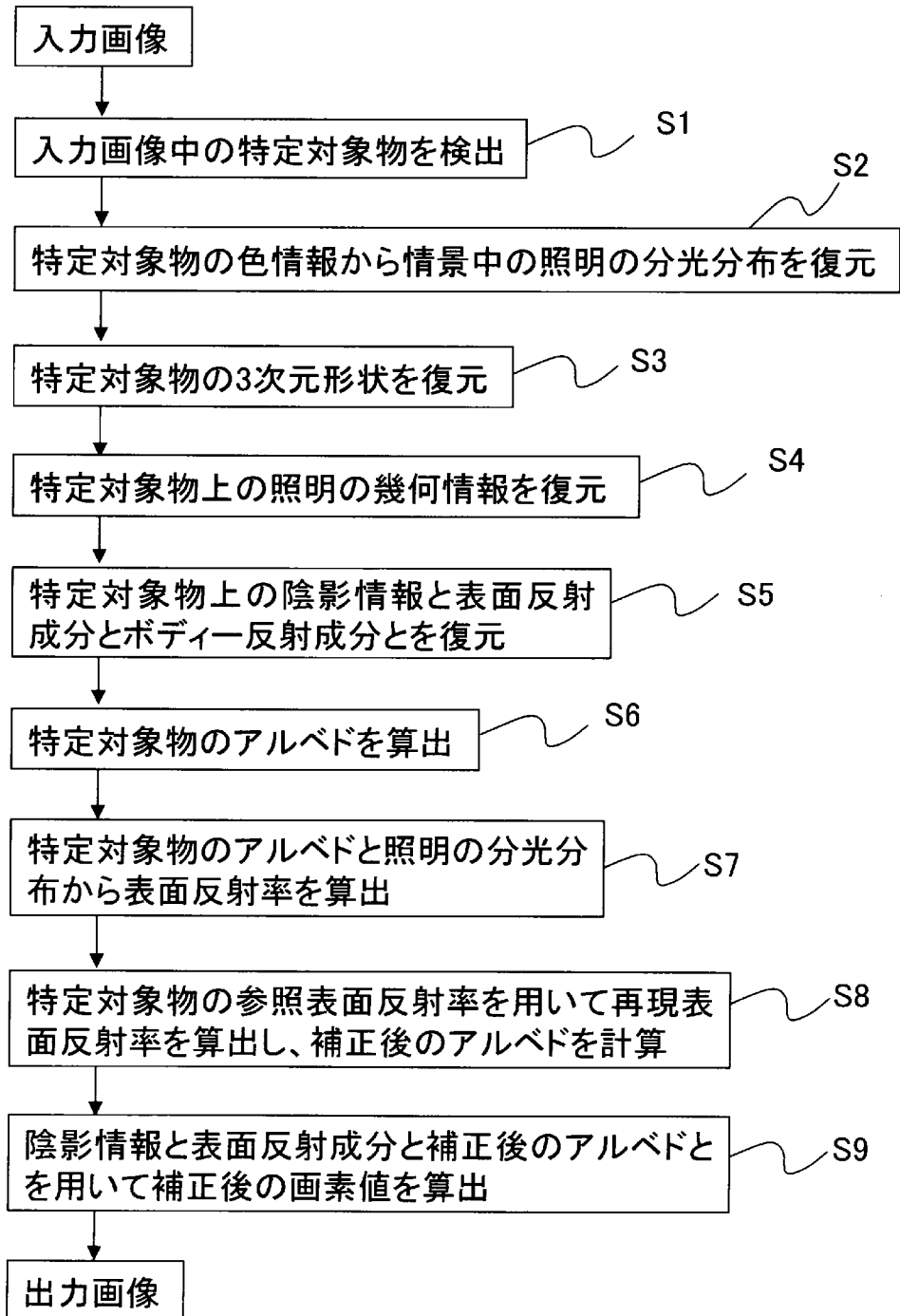
[図1]



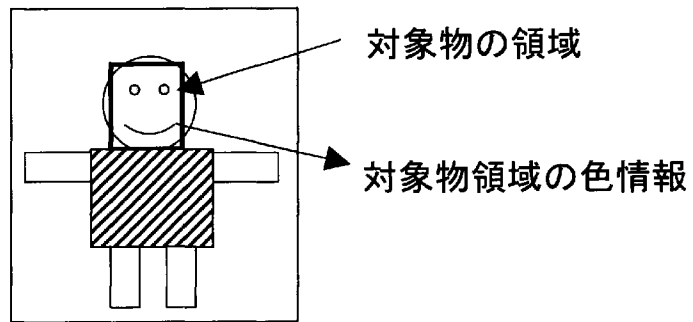
[図2]



[図3]



[図4]

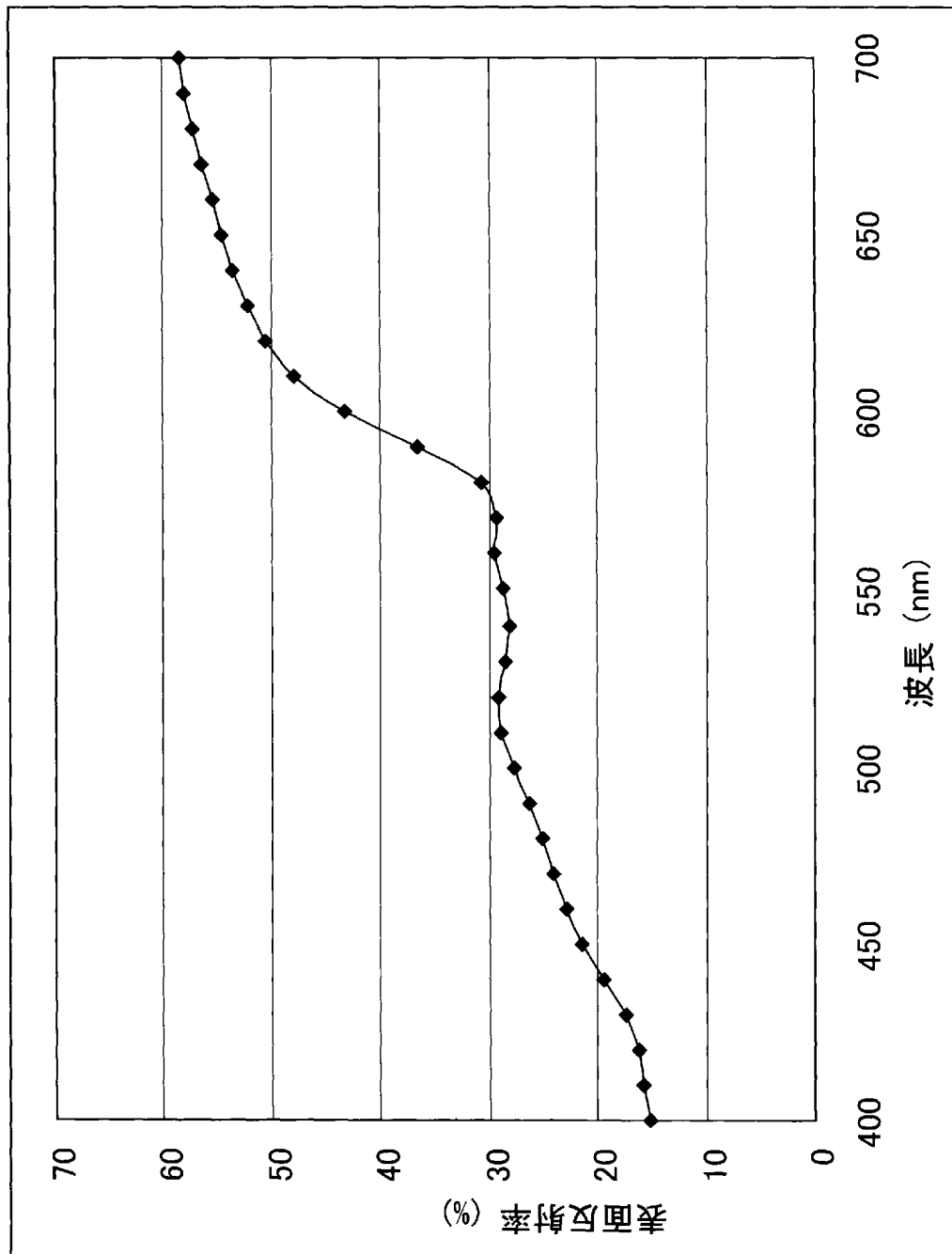


対象物の領域

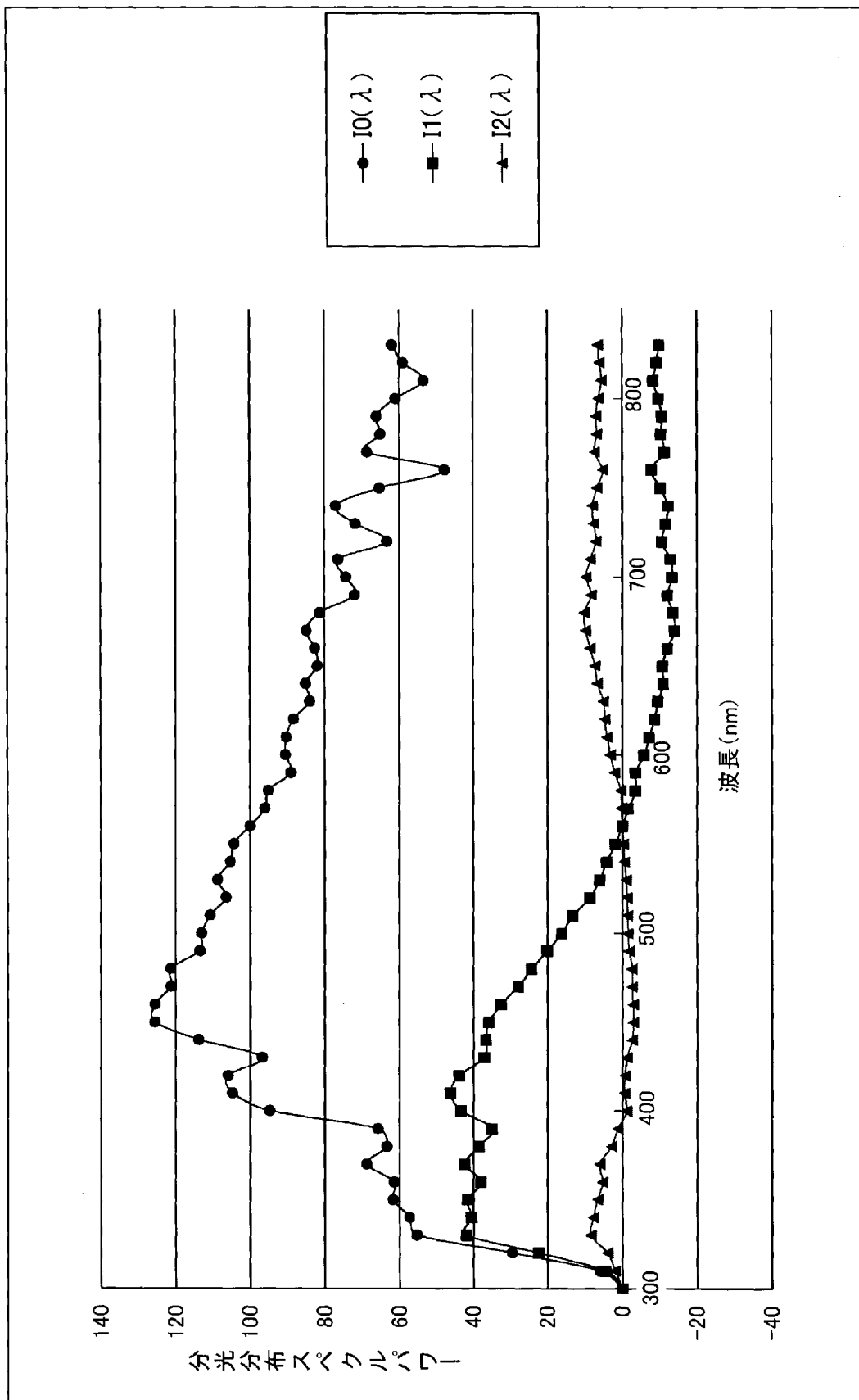
対象物領域の色情報

入力画像

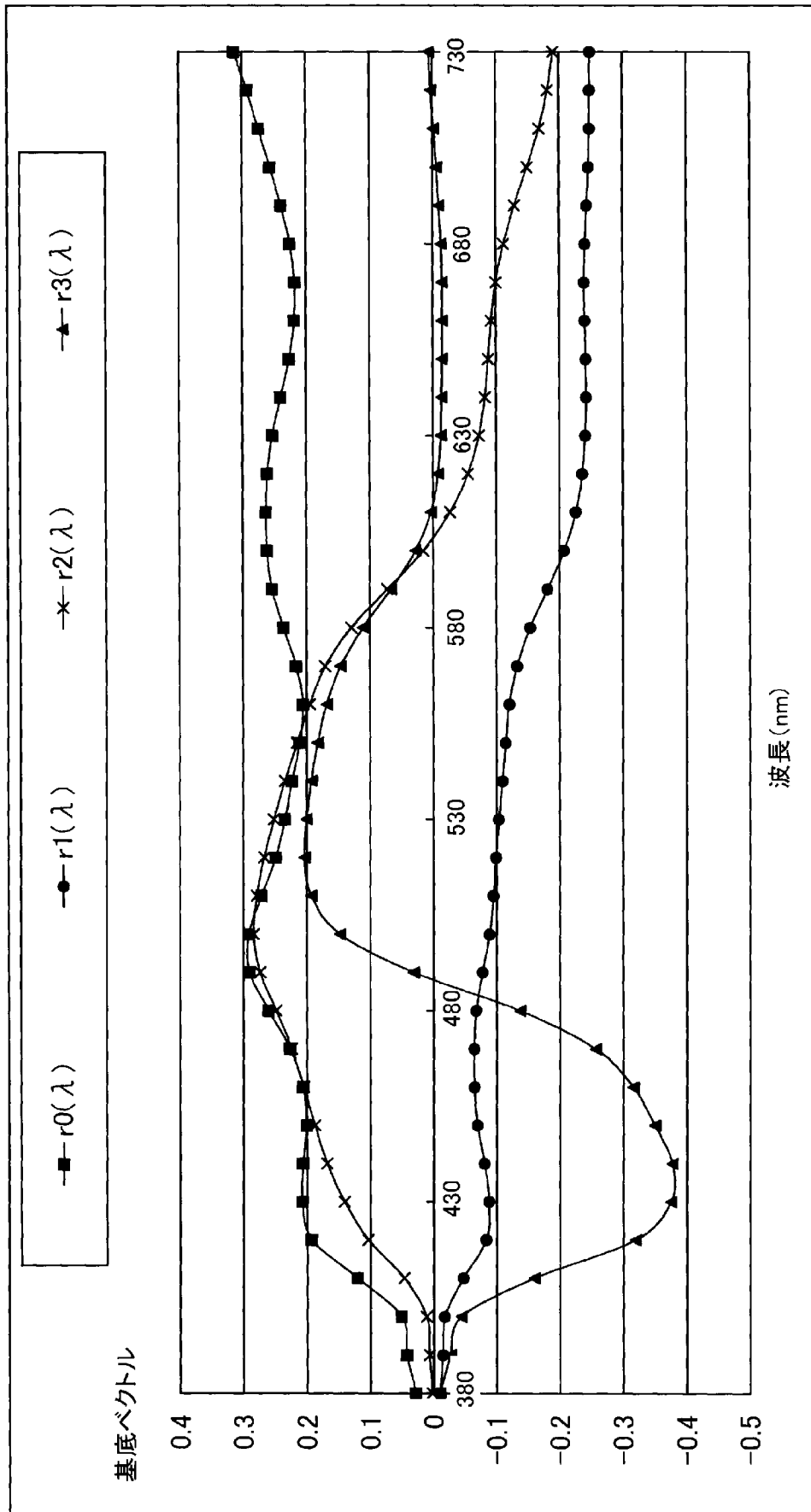
[図5]



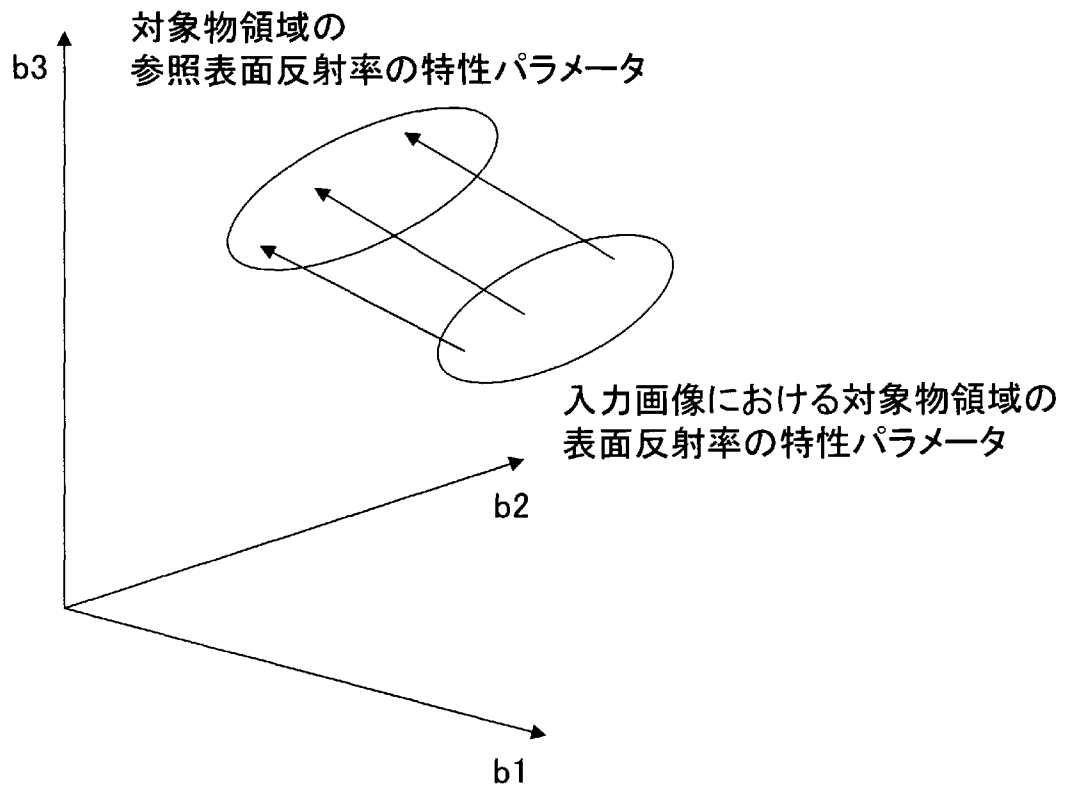
[図6]



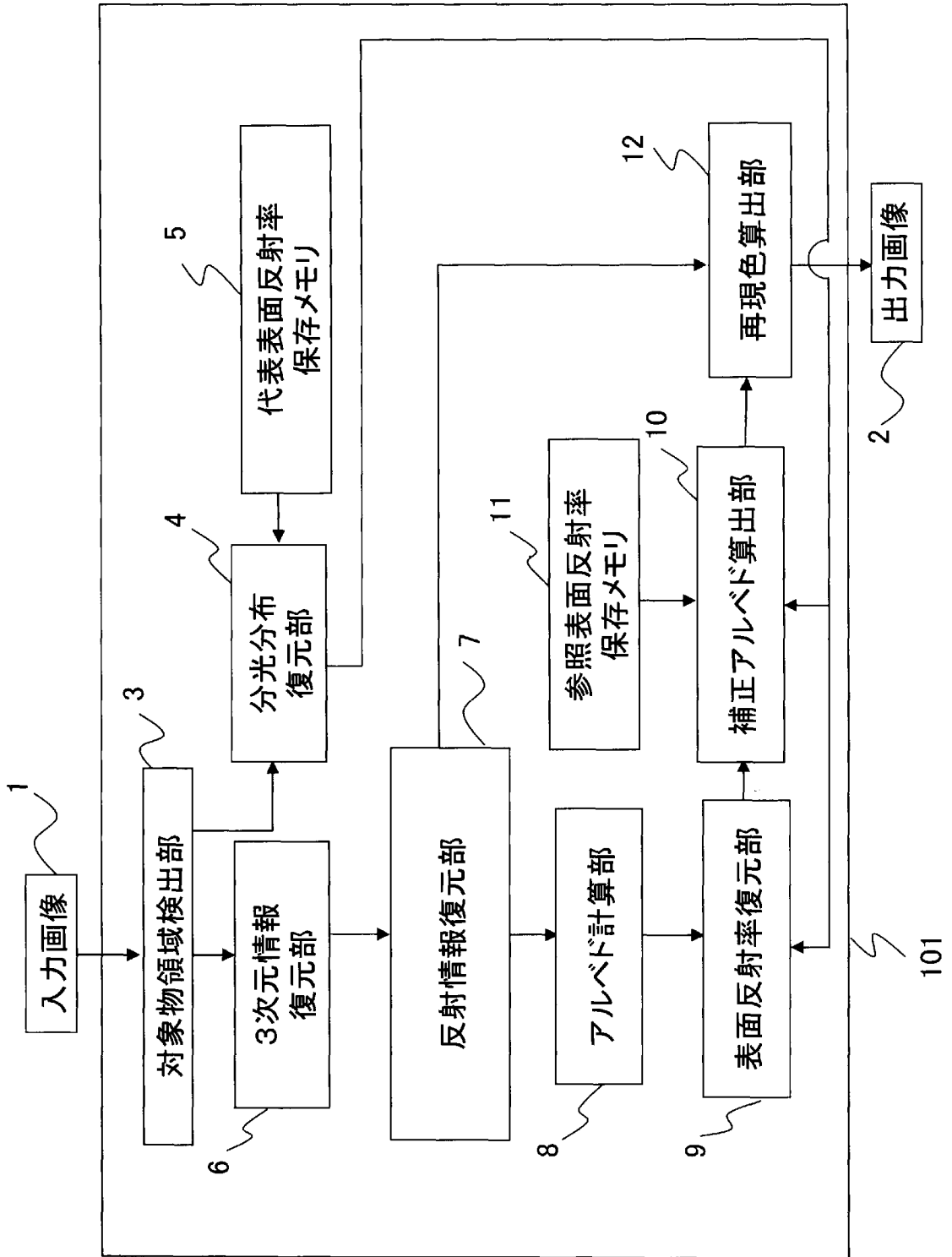
[図7]



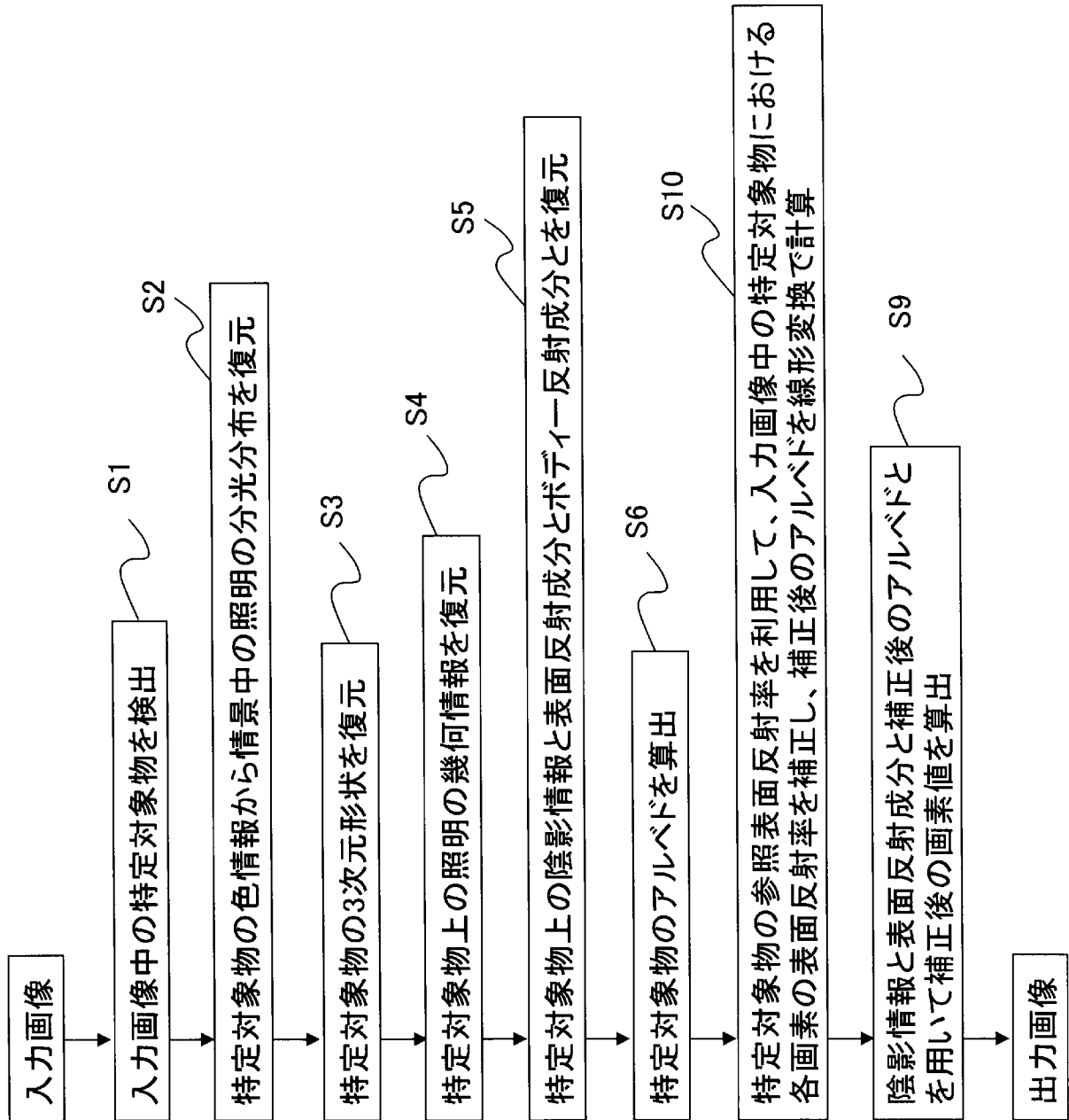
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/000458

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06T1/00(2006.01) i, H04N1/46(2006.01) i, H04N1/60(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06T1/00, H04N1/46, H04N1/60

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

| | | | |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho | 1922-1996 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2010 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2010 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2010 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPlus (JDreamII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| A | JP 2008-225971 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 25 September 2008 (25.09.2008), entire text; all drawings (Family: none) | 1-19 |
| A | JP 2008-225970 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 25 September 2008 (25.09.2008), entire text; all drawings (Family: none) | 1-19 |
| A | JP 2006-277748 A (Mitsubishi Electric Research Laboratories, Inc.), 12 October 2006 (12.10.2006), entire text; all drawings & US 2006/0227137 A1 | 1-19 |

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
12 February, 2010 (12.02.10)

Date of mailing of the international search report
23 February, 2010 (23.02.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/000458

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| A | Kenji INOSE, Hiroshi KAWASAKI, Ryo FURUKAWA, "Fukusu Keisoku ni yoru Zenshu 3-jigen Model Seisei no Tameno Fukusu Texture no Seamless na Gosei Shuho", Transactions of Information Processing Society of Japan Computer Vision to Image Media, 15 November 2008 (15.11.2008), vo.1, no.2, pages 136 to 151 | 1-19 |
| A | Yoshio IWAI et al., "Gazo Shori ni yoru Kao Kenshutsu to Kao Ninshiki", Information Processing Society of Japan Kenkyu Hokoku, 13 May 2005 (13.05.2005), vo.2005, no.38, pages 343 to 368 | 1-19 |

Claims 1 to 4, 6 to 12, 14 to 17, and 19 include a color image processing method "for reconstructing the surface reflectance by using color information and albedo". In the meaning of PCT Article 5, however, disclosed are only specific examples on a color image processing method wherein the spectral distribution of illumination is reconstructed using the color information of an object region and the representative surface reflectance of the object region and then the surface reflectance is reconstructed using the spectral distribution and albedo, which are described in the description (paragraphs [0028], [0077]-[0084], [0107], [0110], and [0115], fig. 3 and fig. 10), and in the meaning of PCT Article 6, the claims lack support.

Therefore, the international search was conducted on the color image processing method wherein the spectral distribution of illumination is reconstructed using the color information of an object region and the representative surface reflectance of the object region and then the surface reflectance is reconstructed using the spectral distribution and albedo, which is the scope supported and disclosed by the description, in other words, specifically described in the description.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. G06T1/00(2006.01)i, H04N1/46(2006.01)i, H04N1/60(2006.01)i

B. 調査を行った分野
 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. G06T1/00, H04N1/46, H04N1/60

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの
 日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2010年
 日本国実用新案登録公報 1996-2010年
 日本国登録実用新案公報 1994-2010年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)
 JSTPlus(JDreamII)

C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求項の番号 |
|-----------------|--|----------------|
| A | JP 2008-225971 A (松下電器産業株式会社) 2008.09.25, 全文、全図 (ファミリーなし) | 1-19 |
| A | JP 2008-225970 A (松下電器産業株式会社) 2008.09.25, 全文、全図 (ファミリーなし) | 1-19 |
| A | JP 2006-277748 A (三菱・エレクトリック・リサーチ・ラボラトリーズ・インコーポレイテッド) 2006.10.12, 全文、全図 & US 2006/0227137 A1 | 1-19 |

C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献
 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

| | | | |
|--|---------------------------|----|------|
| 国際調査を完了した日 12.02.2010 | 国際調査報告の発送日 23.02.2010 | | |
| 国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号 | 特許庁審査官 (権限のある職員) 佐田 宏史 | 5H | 4189 |
| 電話番号 03-3581-1101 内線 3531 | | | |

| C (続き) . 関連すると認められる文献 | | |
|-----------------------|---|----------------|
| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求項の番号 |
| A | 猪瀬 健二、川崎 洋、古川 亮, “複数計測による全周3次元モデル生成のための複数テクスチャのシームレスな合成手法”, 情報処理学会論文誌 コンピュータビジョンとイメージメディア, 2008.11.15, Vo. 1, No. 2, p. 136-151 | 1-19 |
| A | 岩井 儀雄、外3名, “画像処理による顔検出と顔認識”, 情報処理学会研究報告, 2005.05.13, Vo. 2005, No. 38, p. 343-368 | 1-19 |

請求項1～4、6～12、14～17、19は、「前記色情報と前記アルベドを用いて表面反射率を復元」する、カラー画像処理方法を包含するものであるが、PCT第5条の意味において開示されているのは、明細書（[0028] [0077] - [0084] [0107] [0110] [0115]、図3、図10）に記載された、対象物領域の色情報と代表表面反射率を用いて復元した照明の分光分布と、アルベドとを用いることで表面反射率を復元する、カラー画像処理方法についての具体例のみであり、PCT第6条の意味での裏付けを欠いている。

よって、調査は、明細書に裏付けられ、開示されている範囲、すなわち、明細書に具体的に記載されている、対象物領域の色情報と代表表面反射率を用いて復元した照明の分光分布と、アルベドとを用いることで表面反射率を復元するカラー画像処理方法について行った。