

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日

2012 年 1 月 5 日 (05.01.2012)



(10) 国際公開番号

WO 2012/001948 A1

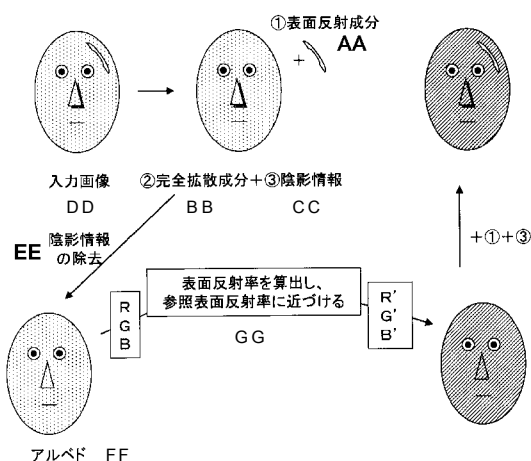
- (51) 国際特許分類 :
G06T 1/00 (2006.01) H04N 1/60 (2006.01)
H04N 1/46 (2006.01)
- (21) 国際出願番号 : PCT/JP201 1/003680
- (22) 国際出願日 : 201 1 年 6 月 28 日 (28.06.201 1)
- (25) 国際出願の言語 : 日本語
- (26) 国際公開の言語 : 日本語
- (30) 優先権データ :
特願 2010-149233 2010 年 6 月 30 日 (30.06.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について) : 日本電気株式会社 (NEC Corporation) [JP/JP]; 〒 1088001 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 Tokyo (JP)-
- () 発明者 ; および
() 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 岩壁 冬樹, 外 (IWAKABE, Fuyuki et al.); 〒 104003 1 東京都中央区京橋一丁目 4 番 10 号 大野屋京橋ビル 6 階 サンライズ国際特許事務所 Tokyo (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, ML, 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, LR, 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 (AL, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI

[続葉有]

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

(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カラー画像処理プログラム

[図1]



- AA Specular component
BB Body reflection component
CC Shading information
DD Input image
EE Shading information removal
FF Albedo
GG Calculate specular reflectance, and approach reference specular reflectance

(57) Abstract: A subject region detection means detects a subject region, which is a region to be subjected to image processing, from an input image. A reflection component reconstruction means calculates color information in the subject region, calculates a body reflection component, which is a low-frequency component in the subject region, and reconstructs a specular component on the basis of the color information and the low-frequency component. An albedo calculation means calculates the albedo, which is color information obtained by removing shading information expressing the luminance of the body reflection component from the body reflection component. An albedo correction processing means reconstructs the specular reflectance in the subject region on the basis of the albedo and the color information in the subject region, and then calculates the correction albedo, which is color information obtained by correcting the albedo on the basis of the specular ratio.

(57) 要約 : 対象物領域検出手段は、画像処理の対象とする領域である対象物領域を入力画像から検出する。反射成分復元手段は、対象物領域における色情報及びその対象物領域における低周波成分である完全拡散成分を算出し、その色情報及び低周波成分に基づいて表面反射成分を復元する。アルベド算出手段は、完全拡散成分から、その完全拡散成分の輝度を示す情報である陰影情報を除去した色情報であるアルベドを算出する。アルベド補正処理手段は、対象物領域における色情報及びアルベドに基づいて、対

象物領域における表面反射率を復元し、その表面反射率に基づいてアルベドを補正した色情報である補正アルベドを算出する。



(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR,
NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

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カラー画像処理プログラム

技術分野

[0001] カラー画像に対する画像処理に関し、特に、撮影機器を用いて実際に撮影されたカラー画像を補正して画像中の物体の質感を向上させる画像処理を行うカラー画像処理方法、カラー画像処理装置およびカラー画像処理プログラムに関する。

背景技術

[0002] カラー画像撮影装置によつ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（例えば、肌の色、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手法が各種提案されている。このような手法を用いることで好ましい色を再現することが可能になる。

[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 に記載された自動色補正方法では、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する。そして、画像中の画素と中心色との距離に応じて補正パラメータの適用強度をコントロールすることで、各画素な補正する。

[0004] 具体的には、特許文献 1 に記載された方法では、各画素の色情報である RGB 値から各画素の色相、彩度、明度を計算する。そして、色空間における各画素の色と補正の中心色との距離を計算し、その距離に応じて補正強度を調整する。このようにして、対象物の色を重点的に補正する。

[0005] なお、この手法においては、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。

[0006] 特許文献2には、入力画像中の顔領域を検出する技術が開示されている。特許文献2に記載された目検出方法は、目を単独で評価した場合には特徴不足のために他の部分と判別できなかった場合にも、両目のなす特徴を基にした両目ペア評価値を用いることによって目と他の部分とを判別する。

[0007] 他にも、カラー画像の補正処理に関連する技術が、特許文献3～5に記載されている。特許文献3には、分光色の画像データを色補正する際、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ったあと、低次元の分光色から適切な次元の分光色を生成する色補正装置および方法が開示されている。

[0008] 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色変換方法が開示されている。具体的には、特許文献4に記載された色変換方法では、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する。また、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、任意の色における三刺激値と、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。

[0009] 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、自動的に良好な色補正を行う技術が開示されている。具体的には、特許文献5に記載された色補正方法では、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。このパラメータを用いて特定色相にのみ作用する色補正変換を行う。このような変換を行うことで、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になる。

- [001 0] また、特許文献 6 には、顔の皮膚反射モデルを生成して、そのモデルを顔画像のレンダリングに適用する技術が記載されている。特許文献 6 に記載された方法では、まず、顔を 3 D スキャナでスキャンした 3 次元形状を取得する。この際、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。そして、これらの表面スキャンデータと画像データとを用いて、全反射率と法線マップを推定する。また、全反射率は、表面下散乱と（鏡面）表面反射率の 2 つの成分に分離され、これらをもとに拡散反射率を推定する。さらに、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。この拡散反射率から求められるアルベドマップと、透光性マップとをもとに顔の皮膚反射モデルを形成する。
- [001 1] 他にも、特許文献 7 には、2 色性反射モデルが適用できる画像処理の対象とする領域が指定されると、その領域の画素値を、K l i n k e r による方法で表面反射光成分と拡散反射光成分とに分離する画像処理装置が記載されている。特許文献 8 には、陰影除去の要求に応じて、3 次元情報を利用して入力画像の陰影を除去する陰影除去装置が記載されている。特許文献 9 には、逆光で撮影された画像の階調補正を行う際、高解像度の写真画像データを低周波成分と高周波成分に分離し、低周波成分を階調補正の処理マスクとして使用する画像処理装置が記載されている。また、特許文献 10 には、ユーザが手動で影の部分を指定することで、原画像の光成分を、拡散反射光成分、鏡面反射光成分および周囲光成分に分離し、分離した鏡面反射光成分を変換後、各光成分を再合成する 2 次元カラー画像の材質感変換方法が記載されている。
- [001 2] さらに、非特許文献 1 には、一般化学習ベクトル量子化を用いた顔検出手法が記載されている。また、非特許文献 2 には、一般化学習ベクトル量子化を用いた、I m a g e — b a s e d 型と目の検出を行う F e a t u r e _ b a s e d 型とを組み合わせた顔検出方法が記載されている。
- [001 3] また、顔の三次元形状を得るための方法として、特許文献 6 に記載されている 3 D スキャナを使用する方法の他、2 次元の顔画像から 3 次元形状 (3

次元情報)の顔情報に復元する方法も知られている(例えば、非特許文献3)。

[0014] なお、特許文献1～2に記載された事項および非特許文献1～3に記載された事項については、本発明の実施形態中で適宜引用する。

先行技術文献

特許文献

[0015] 特許文献1:特許第3264273号公報

特許文献2:特開2003—317084号公報

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

特許文献7:特開2001-52144号公報

特許文献8:特開2002-15311号公報

特許文献9:特開2007-208846号公報

特許文献10:特開平4-289978号公報

非特許文献

[0016] 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、2002年9月

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

非特許文献3:石山 壘著、「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

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [001 7] 特許文献 1 に記載された色補正方法のように、カラー画像データの RGB や、色相、彩度、明度といった色の 3 属性を用いる方法では、本来の物体の質感が低下してしまう場合がある。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、この成分を赤とする）については飽和する現象が起こり、それ以外の色成分（例えば、他の成分である緑や青）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。
- [001 8] また、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モデルを適用することが提案されている。しかし、特許文献 6 に記載された方法では、顔画像の 3 次元情報を得るために 3 D スキャナと、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。入力画像のみを利用するような一般的なカラー画像処理装置で行う色補正にこの方法を適用することは困難である。
- [001 9] 上記問題を解決するため、非特許文献 3 に記載されているように、顔画像の 3 次元情報を得る方法として、2 次元顔画像から 3 次元顔画像への復元技術を用いることも可能である。しかし、一般的なカラー画像処理で色補正を行う場合、非特許文献 3 に記載された復元技術よりも、より計算コストを抑えられることが好ましい。
- [0020] すなわち、入力されるカラー画像のみを対象とするようなカラー画像処理においては、画像処理における計算コストをより抑えられ、かつ、カラー画像中に存在する対象物の領域における質感の低下を抑制できる手法を適用できることが好ましい。
- [0021] そこで、本発明は、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を、低い計算コストで所望の色に再現し、質感を向上させることができるカラー画像処理方法、カラー画像処理装置およびカラー画像処理プログラムを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0022] 本発明によるカラー画像処理方法は、画像処理の対象とする領域である対象物領域を入力画像から検出し、対象物領域における色情報及びその対象物領域における低周波成分である完全拡散成分を算出し、色情報及び低周波成分に基づいて表面反射成分を復元し、完全拡散成分から、その完全拡散成分の輝度を示す情報である陰影情報を除去した色情報であるアルベドを算出し、対象物領域における色情報及びアルベドに基づいて、対象物領域における表面反射率を復元し、表面反射率に基づいてアルベドを補正した色情報である補正アルベドを算出し、補正アルベドに陰影情報及び表面反射成分を付加した色情報である再現色を算出し、再現色に基づいて出力画像を生成することを特徴とする。
- [0023] 本発明によるカラー画像処理装置は、画像処理の対象とする領域である対象物領域を入力画像から検出する対象物領域検出手段と、対象物領域における色情報及びその対象物領域における低周波成分である完全拡散成分を算出し、その色情報及び低周波成分に基づいて表面反射成分を復元する反射成分復元手段と、完全拡散成分から、その完全拡散成分の輝度を示す情報である陰影情報を除去した色情報であるアルベドを算出するアルベド算出手段と、対象物領域における色情報及びアルベドに基づいて、対象物領域における表面反射率を復元し、その表面反射率に基づいてアルベドを補正した色情報である補正アルベドを算出するアルベド補正手段と、補正アルベドに陰影情報及び表面反射成分を付加した色情報である再現色を算出し、その再現色に基づいて出力画像を生成する再現色算出手段とを備えたことを特徴とする。
- [0024] 本発明によるカラー画像処理プログラムは、コンピュータに、画像処理の対象とする領域である対象物領域を入力画像から検出する対象物領域検出処理、対象物領域における色情報及びその対象物領域における低周波成分である完全拡散成分を算出し、その色情報及び低周波成分に基づいて表面反射成分を復元する反射成分復元処理、完全拡散成分から、その完全拡散成分の輝度を示す情報である陰影情報を除去した色情報であるアルベドを算出するア

ルベト算出処理、対象物領域における色情報及びアルベトに基づいて、対象物領域における表面反射率を復元し、その表面反射率に基づいてアルベトを補正した色情報である補正アルベトを算出するアルベト補正処理、および、補正アルベトに陰影情報及び表面反射成分を付加した色情報である再現色を算出し、その再現色に基づいて出力画像を生成する再現色算出処理を実行させることを特徴とする。

発明の効果

[0025] 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を、低い計算コストで所望の色に再現し、質感を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0026] [図1] 本発明におけるカラー画像処理の一例を示す説明図である。

[図2] 本発明によるカラー画像処理装置の一実施形態を示すブロック図である。

[図3] 本発明の第1の実施形態におけるカラー画像処理方法の例を示すフローチャートである。

[図4] 入力画像中の対象物領域を検出し、色情報を求める処理の例を示す説明図である。

[図5] 平均的な肌色を有する日本人の顔領域における表面反射率の一例を示すグラフである。

[図6] CIE 昼光の平均および第1、第2主成分ベクトルの例を示すグラフである。

[図7] 2色性反射モデルの例を示す説明図である。

[図8] 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を示すグラフである。

[図9] 対象物領域の色に関する特性パラメータの空間で行う補正の例を示す説明図である。

[図10] 第1の実施形態におけるカラー画像処理方法に適用されるカラー画像

処理装置の例を示すブロックである。

[図11] 本発明の第2の実施形態におけるカラー画像処理方法の例を示すフローチャートである。

[図12] 第2の実施形態におけるカラー画像処理方法に適用されるカラー画像処理装置の例を示す説明図である。

[図13] 本発明によるカラー画像処理装置の最小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

[0027] 以下、本発明の実施形態を、図面を参照しながら説明する。なお、説明の明確化のため、以下の説明で用いる図面には、適宜、模式的に表現した図が用いられるものとする。また、各図面において同一の構成または同一の機能を有する構成要素およびその構成要素に相当する部分には同一の符号を付し、一度説明した構成または機能については、後の記載においてその説明を省略する。

[0028] まず初めに、本発明によるカラー画像処理装置が行うカラー画像処理方法の一態様について、その概要を説明する。本発明によるカラー画像処理方法では、入力画像中の特定対象物の色を補正する際、まず、カラー画像処理装置は、入力画像中の特定対象物の低周波成分を算出する。次に、カラー画像処理装置は、算出した低周波成分を、特定対象物における陰影情報を含んだ完全拡散成分として用いる。そして、カラー画像処理装置は、入力画像から完全拡散成分（陰影情報を含む）を減算することで、その特定対象物上における表面反射成分（ハイライト）を算出する。

[0029] 次に、カラー画像処理装置は、特定対象物の完全拡散成分（陰影情報を含む）から、陰影情報を除去して、特定対象物の本来の色情報であるアルベドを得る。カラー画像処理装置は、このアルベドを用いて、特定対象物を表現する際に用いられる表面反射率を復元する。そして、カラー画像処理装置は、より好ましい表面反射率として対象物ごとに予め設定されている参照表面反射率に、上述する復元された表面反射率を近づける補正を施すことで、補

正アルベドを算出する。最後に、カラー画像処理装置は、補正アルベドに表面反射成分と陰影情報を加算することで、特定対象物の再現色を算出する。このようにすることで、特定対象物の色を補正した後の再現色を、より自然に近い色で、かつ、より好ましい色で表現することが出来る。

[0030] なお、上述する処理概要に記載された単語の意味については後述する。

[0031] 図 1 は、本発明におけるカラー画像処理の一例を示す説明図である。以下、本発明におけるカラー画像処理装置が行うカラー画像処理方法の概要について、図 1 を用いてさらに説明する。

[0032] に まず、カラー画像処理装置は、入力される入力画像に関する情報を取得する（以下、画像情報取得処理と記す。）。具体的には、カラー画像処理装置は、入力画像が入力されると、その入力画像から特定対象物を特定する。特定対象物とは、補正する対象として特定される領域のことである。カラー画像処理装置は、特定対象物を特定することにより、アルベドを補正する領域（以下、対象物領域と記すこともある。）を検出する。また、併せて、カラー画像処理装置は、特定対象物の色情報（すなわち、対象物領域の色）を取得する。ここで、アルベドとは、特定対象物そのものの色情報であり、具体的には、特定対象物の画像情報（すなわち、入力画像から取得される色情報）から、テカリや影を取り除いた色情報である。

[0033] Ⅰ に 次に、カラー画像処理装置は、特定対象物の反射情報を復元する（以下、反射情報復元処理と記す。）。ここで、反射情報とは、特定対象物上で反射する反射光に関する情報である。特定対象物の反射情報は、一般的に、特定対象物の 3 次元形状に基づいて、照明の幾何条件をもとに復元される。一方、本発明におけるカラー画像処理方法では、3 次元形状の代わりに特定対象物の低周波成分を利用する。

[0034] カラー画像処理装置は、まず、特定対象物の低周波成分を、陰影情報を含む完全拡散成分とする。そして、カラー画像処理装置は、特定対象物の色情報から低周波成分を取り除くことで、表面反射成分を復元する。このとき、カラー画像処理装置は、入力画像の各画素の画素値について、色情報から低

周波成分を減算することにより、表面反射成分を算出する。以上により、特定対象物の色情報が、表面反射成分と完全拡散成分（すなわち、陰影情報を含む完全拡散成分）に分離される。すなわち、表面反射成分が復元される。

[0035] ここで、表面反射成分とは、物体の表面上で反射する反射光の成分であり、いわゆる「テカリ」を示す情報である。また、完全拡散成分とは、特定対象物の低周波成分であり、陰影情報とは、その完全拡散成分の輝度を示す情報である。

[0036] III. カラー画像処理装置は、特定対象物のアルベドを計算する（以下、アルベド計算処理と記す。）。具体的には、カラー画像処理装置は、特定対象物の低周波成分である完全拡散成分（陰影情報を含む）から、陰影情報を除算することでアルベドを算出する。なお、このことから、アルベドとは、特定対象物の色情報から表面反射成分を取り除いた色情報である完全拡散成分から、さらに、陰影情報を除いた色情報であるということが出来る。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（テカリ）と陰影情報（影）を取り除いた色情報がアルベドである。逆にいえば、完全拡散成分には陰影情報が含まれているといえる。また、対象物領域の色情報は、アルベドと陰影情報の積に、表面反射成分を付加したものであると表わされているといえる。

[0037] IV. カラー画像処理装置は、アルベドを補正する（以下、アルベド補正処理と記す。）。具体的には、カラー画像処理装置は、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、カラー画像処理装置は、算出した表面反射率を参照表面反射率に近づける補正を行う。この補正した表面反射率を用いてカラー画像処理装置は、アルベドを補正する。ここで、参照表面反射率とは、特定対象物に応じて予め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。

[0038] V. カラー画像処理装置は、補正されたアルベドへ表面反射成分と陰影情報とを付加した再現色を算出する（以下、再現色算出処理と記す。）。

[0039] なお、以下の説明では、特定対象物から検出した対象物領域が複数の画素

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するものとする。なお、色情報のことを、画素値と記すこともある。色情報には、少なくとも、表面反射成分、完全拡散成分（陰影情報を含む）が含まれることを前提とする。なお、色情報には、上述以外の色に関する情報を含んでいてもよい。また、以降の説明では、特定対象物と対象物領域とを区別せずに説明する。なお、上述した各処理を行うカラー画像処理装置の構成については、後述する。

[0040] 次に、本発明によるカラー画像処理装置の構成について説明する。図2は、本発明によるカラー画像処理装置の一実施形態を示すブロック図である。図2に例示するカラー画像処理装置100は、画像情報取得部110と、反射情報復元部120と、アルベド計算部130と、アルベド補正処理部140と、再現色算出部150とを備えている。

[0041] 画像情報取得部110は、外部から入力される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を取得する。

[0042] 反射情報復元部120は、対象物領域の低周波成分を算出する。この算出された低周波成分が対象物領域における陰影情報を含んだ完全拡散成分である。そして、反射情報復元部120は、対象物領域の色情報から完全拡散成分を除去することで、対象物領域における表面反射成分を復元する。すなわち、対象物領域における色情報は、表面反射成分（テカリ）と完全拡散成分に分離され、それぞれの成分として復元される。

[0043] アルベド計算部130は、アルベドを算出する。具体的には、アルベド計算部130は、対象物領域における完全拡散成分を陰影情報で除算する（すなわち、完全拡散成分から陰影情報を除く）ことでアルベドを算出する。

[0044] 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、その表面反射率を用いてアルベドを補正した色情報（以下、補正アルベドと記す。）を算出する。なお、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とを含んでいる。分光分布復元部14

1 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。アルベト補正部 142 は、復元した照明の分光分布とアルベトとを用いて、対象物領域の表面反射率を復元する。そして、アルベト補正部 142 は、復元した表面反射率に基づいてアルベトを補正することで補正アルベトを算出する。

[0045] 再現色算出部 150 は、補正アルベトへ陰影情報と表面反射成分を付加して対象物領域の再現色を算出する。そして、再現色算出部 150 は、算出した再現色を用いて出力画像を生成する。

[0046] 以下、本発明におけるカラー画像処理装置の動作について、各実施形態に則して説明する。

[0047] 実施形態 1 .

まず、本発明の第 1 の実施形態におけるカラー画像処理方法を、図面を用いて処理の流れを説明する。図 3 は、本発明の第 1 の実施形態におけるカラー画像処理方法の例を示すフローチャートである。なお、以下の説明では、本実施形態におけるカラー画像処理方法を、図 2 に例示するカラー画像処理装置 100 を用いて実現するものとする。また、以下の説明では、画像の表色系が RGB 表色系であるものとする。すなわち、画像の色が、R（赤）、G（緑）および B（青）の組み合わせで表されるものとする。以下、入力画像の色情報のことを、色情報 RGB と表記するものとする。ただし、画像の表色系は、RGB 表色系に限定されない。画像の表色系は、RGB 以外の他の表色系であってもよい。

[0048] 以下、図 2 に例示するカラー画像処理装置 100 が、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に、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動作を説明する。

[0049] 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 S 1）。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併せて取得する。ここで、入力画像中から特定対象物を自動で検出するとは、入力画像から予め定められた対象（例えば、人間の顔）を特定対象物として検出することや、ユーザ等により個

別に指定された対象を特定対象物として検出することを意味する。

[0050] ここで、特定対象物とする個体は、それぞれ異なってもよい。すなわち、個体差があつたとしても、大まかな色情報やテクスチャが普遍であることから、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、特定対象物は、特定の個体に限定されるものではない。

[0051] 図4は、入力画像中の対象物領域を検出し、色情報を求める処理の例を示す説明図である。図4に示す例では、対象物領域を人間の顔とし、その対象物領域から色情報を取得することを示す。画像情報取得部110は、例えば、図4に例示するカラー画像中から、色情報やテクスチャなどを用いて特定対象物を検出する。以下、特定対象物が、人間の顔である場合について説明する。

[0052] 特定対象物を人間の顔とした場合、画像情報取得部110は、目、鼻、口などの形状特徴を利用して顔領域を検出する。画像情報取得部110は、顔領域を検出する方法として、例えば、非特許文献2に記載された顔検出方法を用いてもよい。上述の通り、非特許文献2に記載された顔検出方法は、*Image-based*型と目の検出を行う*Feature-based*型とを組み合わせる一般化学習ベクトル量子化を用いた方法である。

[0053] 他にも、画像情報取得部110は、入力画像から顔領域を検出する方法として、例えば、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てもよい。入力画像中から目の位置を検出できれば、顔領域を推定することは容易である。

[0054] なお、非特許文献2に記載された顔検出方法と、特許文献2に記載された目の検出方法は、通常、モノクロ情報を利用して顔検出を行う。画像情報取得部110は、さらに、その検出結果である顔領域が肌色であるか否かについて判定してもよい。このような判定処理を追加することにより、顔領域の検出精度を向上させることができる。なお、指定の領域が肌色が否かを判定する方法として、例えば、特許文献1に記載された画像ヒストグラムを利用してもよい。

[0055] なお、画像情報取得部 110 が入力画像から顔領域を検出する方法は、上記方法に限定されない。また、上記説明では、任意に与えられた入力画像から自動検出する対象物が人間の顔である場合について説明した。ただし、自動検出する対象物は人間の顔に限られない。人間の顔以外の対象物を自動検出する場合、画像情報取得部 110 は、例えば、予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してもよい。

[0056] 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）をもとに、入力画像を撮影した際の照明の色情報を復元する（ステップ S2）。具体的には、分光分布復元部 141 は、入力画像を撮影した際の照明の分光分布を算出する。なお、ここでは、分光分布復元部 141 は、カラー画像中の対象物領域の色情報、及び、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られたと推定される照明の色情報（具体的には、照明の分光分布特性）を復元するものとする。

[0057] まず、分光分布復元部 141 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、分光分布復元部 141 は、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。以下、分光分布復元部 141 が、入力画像から自動検出された特定対象物が示す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。

[0058] ここでは、画像情報取得部 110 が対象物領域の色情報 RGB を取得し、分光分布復元部 141 がその色情報 RGB に基づいて、XYZ 表色系の三刺激値 XYZ を求めるものとする。なお、分光分布復元部 141 は、対象物領域の色情報として、例えば、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利用することが可能である。

[0059] また、色情報 RGB における RGB 蛍光体の色度及び白色の色度は、予め指定されているものとする。また、色情報 RGB と表示機器の発光強度との

関係は、線形であるものとする。この場合、入力画像の色情報 RGB と三刺激値 XYZ との関係は、以下の式 1 で表される。

[0060] [数 1]

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

[0061] ここで、RX は、3 X 3 変換行列である。この変換行列 RX は、RGB 蛍光体の色度及び白色の色度が決まれば、一意に定まる行列である。分光分布復元部 141 は、変換行列 RX を算出する方法として、例えば、非特許文献 2 に記載された算出方法を用いてもよい。また、カラー画像を表示する表示装置（図示せず）が、sRGB（Standard RGB）ディスプレイである場合、分光分布復元部 141 は、変換行列として、国際電気標準会議（IEC）が規定する変換行列を用いてもよい。さらに、式 1 に例示する関係式に、黒を示す XYZ 値をオフセット項として追加してもよい。

[0062] 次に、分光分布復元部 141 は、入力画像を撮影した際の照明の色情報である照明の分光分布を算出する。ここで、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。

[0063] 分光分布復元部 141 は、式（1）により算出される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ための観測方程式を生成する。XYZ 表色系に基づいて表わされた対象物領域の色を示す三刺激値 XYZ 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を用いて、以下の式（2）で表現される。

[0064] [数 2]

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

[0065] ここで、λ は波長、I（λ）は照明の分光分布、R（λ）は対象物領域の

表面反射率である。また、 x (ス)、 y (ス) および z (ス) は等色関数であり、既知の関数である。また、可視光の波長領域で積分が行われる。

[0066] 式 1 を用いて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 (ス) および R (ス) の観測方程式になる。しかし、現状では、波長に関する連続関数である I (ス) および R (ス) を、式 2 から計算することはできない。

[0067] ここで、対象物領域の色を示す表面反射率 R (ス) を、ある程度の誤差を含んだ状態であっても、予め限定または決定できると仮定する。すると、 R (ス) を、既知の値として扱うことができる。この場合、式 2 は、 I (ス) のみの観測方程式になる。

[0068] 図 5 は、平均的な肌色を有する日本人の顔領域における表面反射率の一例を示すグラフである。図 5 に例示するグラフの横軸は波長 (nm)、縦軸は、表面反射率 (%) を表す。例えば、対象物を日本人の顔とした場合、図 5 に例示する表面反射率を、式 2 における R (ス) として用いることができる。

[0069] また、対象物が顔以外の場合であってもよい。例えば、複数の対象物を測定して得られた表面反射率の平均、または、代表的な色を持つ領域として選択された対象物領域の表面反射率を予め求めておき、その表面反射率を式 2 における R (ス) として用いてもよい。なお、対象物領域の表面反射率は予め定められ、カラー画像処理装置 100 が備えるメモリ (図示せず) や、アルベト補正処理部 140 に含まれるメモリ (図示せず) に記憶される。このように、測定等により予め定められた対象物領域の代表的な表面反射率を代表表面反射率と言うこともできる。

[0070] R (ス) を定めることにより、式 2 は照明の分光分布 I (ス) の観測方程式になる。しかし、このままでは、 I (ス) 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 (ス) 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 (ス) 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。

[0071] ここで、CIE昼光は、国際照明委員会（CIE）が相対分光分布によって規定した測色用の光源であり、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主成分ベクトルの例を示すグラフである。図6に例示するグラフの横軸は波長（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。また、 I_0 がCIE昼光の平均ベクトル、 I_1 が第1主成分ベクトル、 I_2 が第2主成分ベクトルである。このことから、照明の分光分布 $I(\lambda)$ を以下の式3のように表すことができる。

[0072] [数3]

$$I(\lambda) = I_0(\lambda) + a_1 I_1(\lambda) + a_2 I_2(\lambda) \quad (\text{式3})$$

[0073] 式3における $I(\lambda)$ ($i = 0 \sim 2$) は、図6に例示する照明の平均および基底ベクトルである。また、 a_i ($i = 1 \sim 2$) は、各基底ベクトルの重み係数であり、照明の色を表現する特性パラメータになる。ここで、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元一次連立方程式になる。そのため、 a_1 及び a_2 を容易に計算することが出来る。そして、上記連立方程式を解くことにより得られた特性パラメータ a_1 および 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。以上の手順により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。

[0074] 次に、画像中の特定対象物について、質感を保ったまま色を補正する処理について説明する。

[0075] いま、特定対象物が人間の顔である場合を例に説明する。画像中の特定対象物について質感を保って色を補正するためには、その特定対象物の本来の色情報、すなわち、アルベドを抽出し補正する必要がある。特定対象物のアルベドを計算するためには、特定対象物の見かけの色情報から、表面反射成分（テカリ）と陰影情報を除去しなければならない。この表面反射成分と陰影情報は、特定対象物の三次元形状や照明幾何が必要になる場合がある。2次元画像として表わされた特定対象物の3次元形状を得るためには、例えば

、非特許文献 3 などに記載された技術が利用できる。しかし、非特許文献 3 などに記載された方法よりも、より低い計算コストで特定対象物のアルベドを計算出来ることが望ましい。

[0076] ここで、人間が知覚する物体の見かけの色情報は、その物体の材質条件（単一色のプラスチック）により、2色性反射モデルとして表せる場合がある。図 7 は、2色性反射モデルの例を示す説明図である。図 7 に示す例では、入射光が対象物に入射すると、一部の光は完全拡散成分として拡散し、一部の光は表面反射成分として反射することを示す。Phong モデルや、Torrance-Sparrow モデルなどの 2 色性反射モデルでは、物体からの反射光は、表面反射成分と完全拡散成分の 2 つの反射成分のミクスチャで表される。完全拡散成分は、物体表面の法線ベクトルと光源方向ベクトルのなす角によってのみ決定される。つまり、観察方向には依存せず、どの方向から見ても変化しない。

[0077] 一方、表面反射成分は、入射角と反射角が等しくなった角度で最も大きくなる。言い換えると、このことは、完全拡散成分の周波数は低く、表面反射成分は高い周波数を有する性質をそれぞれが持つことに相当する。そして、2色性反射モデルそのものが適用できない顔のような特定対象物であっても、表面反射成分（テカリ）が確認できるのであれば、その表面反射成分は、高い周波数成分を有する特徴があると言ってよい。そこで、本発明では、2色性反射モデルそのものが適用できない顔のような画像中の特定対象物であっても、表面反射成分（テカリ）については、高い周波数成分を有する特徴があることに着目する。具体的には、特定対象物の三次元形状を用いずに、特定対象物の見かけの色情報から、表面反射成分（テカリ）と陰影情報を除去し、アルベドを算出する。そのため、低計算コストでアルベドを算出することができる。具体的には、画像情報取得部 110 及び反射情報復元部 120 がこれらの処理を実行する。以下、ステップ S3 〜ステップ S4 の説明において、これらの処理を詳述する。

[0078] 次に、反射情報復元部 120 は、画像中の特定対象物が示す領域の低周波

成分を算出する（ステップS3）。反射情報復元部120は、例えば、画像中の特定対象物が示す領域における各画素について、その周辺画素の平均値を算出することで低周波成分を算出してもよい。また、反射情報復元部120は、各画素をガウシアンなどの値に置き換える平滑化フィルタを使用することで、低周波成分を算出してもよい。ただし、低周波成分を算出する方法は、上記方法に限定されない。

[0079] 次に、反射情報復元部120は、ステップS3で算出された低周波成分を入力画像中の特定対象物における完全拡散成分とする。そして、反射情報復元部120は、入力画像中の特定対象物の色情報から完全拡散成分を減算して、表面反射成分を計算する（ステップS4）。

[0080] 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し、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）と完全拡散成分（Body reflection component）の2つの成分から構成される場合が多い。例えば、特定対象物が人などの生物の場合、表面反射成分は、皮膚の表面で反射する光の成分である。また、この場合、完全拡散成分は、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。

[0081] 完全拡散成分は、低周波の特性を有している。そのため、特定対象物が示す領域の低周波成分を特定対象物の完全拡散成分DR（Diffuse Reflection）とみなすことができる。なお、ここでは、完全拡散成分DRは、カラーチャネル（例えば、R、G、Bなど）ごとに算出されているものとし、各カラーチャネルの完全拡散成分を DR_i と表現する。なお、 i は各カラーチャネルを表す。

[0082] いま、特定対象物がランパーションであると仮定して完全拡散成分が計算されている。しかし、実際には、完全拡散成分は、拡散反射成分のみ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ネルの画素

値は、拡散反射成分と表面反射成分とを含んだ、そのカラーチャネルにおける見かけの画素値（輝度、明るさ）を表していると言える。したがって、反射情報復元部 120 は、特定対象物が示す領域中に含まれる画素の各カラーチャネルの表面反射成分 SP_i を、以下の式 4 で計算する。

$$[0083] \quad I_i - DR_i > 0 \text{ のとき } SP_i = I_i - DR_i$$

$$\text{上記以外 } SP_i = 0 \quad (\text{式 4})$$

[0084] ここで、 I_i は、入力画像の特定対象物が示す領域中に含まれる画素の画素値を現しており、 i は、カラーチャネル（たとえば、R、G、B など）を表している。

[0085] 完全拡散成分 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が示す領域におけるある画素の拡散反射成分 DR_i の輝度を表しており、式 1 で計算される。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、特定対象物の 3 次元形状と照明の幾何条件から生じる陰影情報とすれば、アルベドは、完全拡散成分から陰影情報を取り除いた色情報であると定義できる。

[0086] アルベド計算部 130 は、入力画像中の特定対象物が示す領域中に含まれる画素のアルベドを計算する（ステップ S5）。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が示す領域中に含まれる画素の各カラーチャネルのアルベドを、以下の式 5 にしたがって算出する。

$$[0087] \quad AD_i = DR_i / Y \quad (\text{式 5})$$

[0088] ここで、 AD_i は、各カラーチャネルのアルベドを表す。

[0089] 次に、アルベド補正処理部 140（具体的には、アルベド補正部 142）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とから、表面反射率 $R(\lambda)$ を復元する（ステップ S6）。以下、入力画像が RGB 表色系の画像であるものとして説明する。

[0090] アルベド補正部 142 は、アルベド AD_i で表された特定対象物の領域における各画素の RGB 値をもとに、式 1 にしたがって、三刺激値 XYZ を計算する。そして、アルベド補正部 142 は、計算した三刺激値 XYZ を式 2

の左辺に代入する。また、アルベト補正部 142 は、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 $I(\lambda)$ を、式 (2) の右辺に代入する。こうすることで、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 (以下、観測方程式 (2) と記す。) になる。

[0091] 特定対象物の表面反射率は、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。そのため、特定対象物の表面反射率を観測方程式 (2) から解析的に計算することは出来ない。そこで、アルベト補正部 142 は、特定対象物の表面反射率を、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以下の式 6 のようにモデル化する。

[0092] [数4]

$$R(\lambda) = r_0(\lambda) + b_1 r_1(\lambda) + b_2 r_2(\lambda) + b_3 r_3(\lambda) \quad (\text{式 6})$$

[0093] 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、それらを主成分分析して得られる基底ベクトルである。 $r_0(\lambda)$ は、平均ベクトル、 $r_1(\lambda) \sim r_3(\lambda)$ は、それぞれ第一主成分ベクトル～第三主成分ベクトルを表しており、すべて既知のベクトルである。一方、 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になる。

[0094] 図 8 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を示すグラフである。図 8 に例示するグラフの横軸は波長 (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、多数集めた特定対象物の表面反射率を主成分分析して得られた基底ベクトルを、式 6 に用いてもよい。

[0095] いま、特定対象物の表面反射率 $R(\lambda)$ が式 6 のように表わされるとする。この場合、未知の特性パラメータ $b_1 \sim b_3$ は、式 6 を観測方程式 (2) に代入することにより得られる 3 元一次連立方程式 (以下の式 7) によって求められる。

[0096]

[数5]

$$\begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} M(x, r_1) & M(x, r_2) & M(x, r_3) \\ M(y, r_1) & M(y, r_2) & M(y, r_3) \\ M(z, r_1) & M(z, r_2) & M(z, r_3) \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} X - M(x, r_0) \\ Y - M(y, r_0) \\ Z - M(z, r_0) \end{pmatrix} \quad (\text{式7})$$

[0097] ここで、 $M(x, r_i)$ ($i = 0 \sim 3$) は、以下の積分項を表す。 y 、 z についても同様である。

[0098] [数6]

$$\int I(\lambda) r_i(\lambda) x(\lambda) d\lambda$$

[0099] そして、アルベト補正部 142 は、式7で得られた特性パラメータ b_i ($i = 1 \sim 3$) を、式6に代入する。このようにして、対象物領域の任意の画素における表面反射率が求められる。

[0100] 次に、アルベト補正部 142 は、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S7)。まず、アルベト補正部 142 は、ステップS6で算出され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。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予め設定された表面反射率である。より具体的には、参照表面反射率とは、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。すなわち、参照表面反射率は、対象物領域における色情報を所望の色に再現する際の表面反射率であるということができる。

[0101] 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。しかし、主観評価実験を実施することで参照表面反射率を予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。

[01 02] また、参照表面反射率として、対象物領域から3つ以上の色をあらかじめ選択しておく。そして、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対する表面反射率を、対象物領域の参照表面反射率としてもよい。他にも、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、または、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の表面反射率を、対象物領域の参照表面反射率としてもよい。以下、参照表面反射率を R_{ref} （ス）と記すこともある。

[01 03] また、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 R_{ref} （ス）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。このとき、これらの特徴領域において、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する。この算出した表面反射率を、対象物領域の参照表面反射率 R_{ref} （ス）としてもよい。

[01 04] 以上のような手法を用いることで、対象物領域の参照表面反射率を予め定めておくことができる。ただし、参照表面反射率の算出方法は、上述の方法に限定されない。

[01 05] アルベド補正部142は、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 （ス）を、参照表面反射率である R_{ref} （ス）を利用して補正することによって、再現表面反射率 R_{md} （ス）を算出する。すなわち、アルベド補正部142は、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} （ス）を利用して、好ましい色を再現する再現表面反射率 R_{md} （ス）を算出する。

[01 06] アルベド補正部142は、例えば、以下の式8を用いて再現表面反射率 R

$R_{md}(\lambda)$ を算出する。

$$[01\ 07] \quad R_{md}(\lambda) = \alpha \cdot R(\lambda) + (1 - \alpha) \cdot R_{ref}(\lambda) \quad (式\ 8)$$

[01 08] ここで、 α は、0 以上 1.0 以下 ($0 \leq \alpha \leq 1.0$) の実数である。

[01 09] また、アルベド補正部 142 は、以下のように再現表面反射率 $R_{md}(\lambda)$ を算出してもよい。まず、アルベド補正部 142 は、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)、または、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る。この表面反射率を $R_{avg}(\lambda)$ 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。ここで、波長 λ に関する関数 $F(\lambda)$ を以下の式 9 のように定義する。

$$[01\ 10] \quad F(\lambda) = R_{ref}(\lambda) / R_{avg}(\lambda) \quad (式\ 9)$$

[01 11] そして、アルベド補正部 142 は、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、以下の式 10 を用いて補正することで、再現表面反射率 $R_{md}(\lambda)$ を算出する。

$$[01\ 12] \quad R_{md}(\lambda) = \alpha \cdot F(\lambda) \cdot R(\lambda) + (1 - \alpha) \cdot R(\lambda) \quad (式\ 10)$$

[01 13] ここで、 α は、0 以上 1.0 以下 ($0 \leq \alpha \leq 1.0$) の実数である。

[01 14] このように、アルベド補正部 142 は、対象物領域における表面反射率を、一つの波長 λ に関する関数 $F(\lambda)$ を用いて表面反射率 (すなわち、再現表面反射率) に補正する。さらに、アルベド補正部 142 は、対象物領域内の再現色の分散が小さくならないように予め工夫して再現表面反射率を算出してもよい。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。

[01 15] 本実施形態では、アルベド補正部 142 は、画像中の対象物領域の色を補正するに際し、特定対象物が示す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。なお、ステップ S7 における以降の処理を、再現表面反射率拡張導出処理と記す。

[01 16] すなわち、アルベドから算出された表面反射率は、式 6 に例示するように、低次元の規定ベクトルの加重和で表現することができる。式 6 における r_0 (ス) $\sim r_3$ (ス) は固定のベクトルであり、特性パラメータ b_i が変化することにより表面反射率が変化 (すなわち、色が変化) する。そのため、特性パラメータ b_i を補正することで、アルベドから算出された表面反射率 R (ス) を補正することになる。その結果、再現表面反射率 R_{md} (ス) を得ることができる。

[01 17] 特性パラメータ b_i ($i = 1 \sim 3$) を補正する式の一例を以下の式 11 に示す。

[01 18] [数 7]

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

[01 19] ここで、 b_i' ($i = 1 \sim 3$) は、補正後の特性パラメータである。また、式 11 における 3×3 行列が補正行列である。アルベド補正部 142 は、補正行列の要素 m_{ij} ($i = 1 \sim 3, j = 1 \sim 3$) を以下のように算出する。

[01 20] まず、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 $R_{ref}(i, \text{ス})$ ($i = 0 \sim \eta$, ただし、 $\eta \geq 3$) を予め用意しておく。この参照表面反射率 $R_{ref}(i, \text{ス})$ は、例えば、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) に相当する画素の色に対する表面反射率であってもよい。また、参照表面反射率 $R_{ref}(i, \text{ス})$ は、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、または、対象物領域内の色分布を解析したときの、色相の両端に位置する色などについての表面反射率であってもよい。また、参照表面反射率 $R_{ref}(i, \text{ス})$ 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に対する表面反射率であってもよい。

[01 21] アルベド補正部 142 は、それぞれの参照表面反射率 $R_{ref}(i, \lambda)$

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。つまり、1個目の参照表面反射率 $R_{ref}(1, \lambda)$ が、画像中の対象物領域の平均色に対して、上述の最も好ましいと判断された表面反射率であった場合、アルベド補正部 142 は、対象物領域の平均色に対する表面反射率 $R(1, \lambda)$ を求める。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。

[01 22] アルベド補正部 142 は、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対象物領域における中心色に補正する。具体的には、アルベド補正部 142 は、 $R_{ref}(1, \lambda)$ の特性パラメータである $b_{r1,i} (i = 1 \sim 3)$ を、式 11 の左辺の特性パラメータ $b_{p,i} (i = 1 \sim 3)$ に代入する。また、アルベド補正部 142 は、 $R(1, \lambda)$ の特性パラメータを $b_{1,i} (i = 1 \sim 3)$ を、式 11 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 11 は、未知である要素 $m_{ij} (i = 1 \sim 3, j = 1 \sim 3)$ に関する連立方程式になる。

[01 23] 対象物の3個以上の色について以上の処理を行うことにより、方程式の数と未知数との関係から、未知である要素 $m_{ij} (i, j = 1 \sim 3)$ を解くことができる。そのため、式 11 における補正行列を導出することが出来る。

[01 24] 図9は、特性パラメータ $b_i (i = 1 \sim 3)$ の空間において、対象物領域における3個の色について、特性パラメータの補正を行った場合の関係の一例を示す説明図である。図9に示す例では、入力画像における対象物の表面反射率の特性パラメータが、対象物の参照表面反射率の特性パラメータとして補正されたことを示す。図9に例示するように、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は、補正により、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なる。よって、色の分散の変化（例えば、分散の偏りや分散が小さくなること）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を抑制できる。

[01 25] 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、補正により、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できる。そのため、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。

[01 26] アルベド補正部 142 は、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 11 の補正行列を適用して、補正後の特性パラメータを算出する。そして、アルベド補正部 142 は、算出した補正後のパラメータを式 6 に代入して、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算出する。

[01 27] 次に、アルベド補正部 142 は、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。具体的には、アルベド補正部 142 は、照明の分光分布及び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' 、すなわち、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。なお、表色系が RGB の場合、アルベド補正部 142 は、以下の式 12 を用いて補正後のアルベド AD_i' を計算する。

[01 28] [数 8]

$$AD_i' = \begin{pmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{pmatrix} = XR \begin{pmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{pmatrix} \quad (\text{式 12})$$

[01 29] ここで、 XR は、式 1 に例示する行列 RX の逆行列であり、既知の値をとる行列である。

[01 30] 次に、再現色算出部 150 は、補正後のアルベドと、陰影情報 (すなわち、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 S8)。なお、この補正後の色を、再現色と言うこともできる。

[01 31] 再現色算出部 150 は、まず、式 13 に例示するように、補正後のアルベド AD_i' に拡散反射成分の輝度、すなわち陰影情報を乗算し、完全拡散成分 DR に を計算する。

[01 32] $DR_i' = AD_i' \times Y \quad (\text{式 13})$

[01 33] ここで、 Y は、完全拡散成分 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、再現色算出部 150 は、式 14 に例示するように、完全拡散成分 DR_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' を求める。

[01 34] $I_i' = DR_i' + SP_i$ (式 14)

[01 35] そして、再現色算出部 150 は、入力画像中の対象物領域の色を上記方法に従って補正した画像を出力画像として出力する。

[01 36] 上記説明では、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。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。ただし、このデバイス依存カラーは、RGB に限定されない。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、デバイス依存カラーは、RGB 以外の CMY や CMYK などであってもよい。この場合、RGB 以外の画像についても本発明の色補正方法を適用することが可能である。

[01 37] また、上記説明では、照明の分光分布（照明の色情報）を復元する処理が図 3 に例示するステップ S2 で行われる場合について説明した。ただし、この処理は、必ずしも図 3 に例示する順序で行われなくてもよい。この処理は、図 3 に例示するステップ S6 の処理（すなわち、表面反射率の算出処理）より前の段階で行われていればよい。

[01 38] 以上のように、本実施形態によれば、画像情報取得部 110 が、対象物領域を入力画像から検出する。次に、反射情報復元部 120 は、対象物領域における色情報と完全拡散成分を算出し、その色情報及び低周波成分に基づいて表面反射成分を復元する。また、アルベド計算部 130 は、完全拡散成分から陰影情報を除去したアルベドを算出する。その後、アルベド補正処理部 140（具体的には、分光分布復元部 141 及びアルベド補正部 142）は、対象物領域における色情報及びアルベドに基づいて、対象物領域における表面反射率を復元し、その表面反射率に基づいて補正アルベドを算出する。そして、再現色算出部 150 は、補正アルベドに陰影情報及び表面反射成分

を付加して再現色を算出し、その再現色に基づいて出力画像を生成する。このような処理を行うことで、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を、低い計算コストで所望の色に再現し、質感を向上させることができる。

[0139] 次に、カラー画像処理装置（色補正装置と言うこともある。）の変形例について説明する。図10は、第1の実施形態におけるカラー画像処理方法に適用されるカラー画像処理装置の例を示すブロックである。

[0140] 図10に例示す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、照明の分光分布復元部4（以下、分光分布復元部4）と、対象物の代表表面反射率保存メモリ5（以下、代表表面反射率保存メモリ5）と、対象物領域の低周波成分計算部6（以下、低周波成分計算部6）と、対象物領域の陰影情報と表面反射成分と完全拡散成分計算部7（以下、反射情報復元部7）と、対象物領域のアルベド計算部8（以下、アルベド計算部8）と、対象物領域の表面反射率復元部9（以下、表面反射率復元部9）と、表面反射率補正によるアルベド補正部10（以下、補正アルベド算出部10）と、対象物の参照表面反射率保存メモリ11（以下、参照表面反射率保存メモリ11）と、対象物領域の再現色算出部12（以下、再現色算出部12）とを備えている。

[0141] 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する。そして、対象物領域検出部3は、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。ここで、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、図3のステップS1で説明した画像情報取得部110が行う方法を用いて、対象物領域の色情報を求める。

[0142] また、既に説明したように、入力画像1から検出する特定対象物は、人の顔などのように、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。なお、特定対象物の検出方法は、画像情報取得部110の説明で記載し

たとおりである。なお、入力画像 1 から目的とする対象物が検出できない場合、後述する再現色算出部 12 が、入力画像 1 を出力画像 2 として出力する。

[0143] 代表表面反射率保存メモリ 5 は、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、予め設定された値が保存される。

[0144] 分光分布復元部 4 は、照明の分光分布を復元する。具体的には、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、入力画像中の照明の分光分布を復元する。なお、対象物領域は、対象物領域検出部 3 によって検出された特定対象物の示す領域である。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、図 3 のステップ S2 で説明した分光分布復元部 141 が行う方法を用いて復元する。

[0145] 図 10 に例示するカラー画像処理装置 101 において、分光分布復元部 4 は、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 S2 に記載された処理に従って復元する。

[0146] 低周波成分計算部 6 は、対象物領域の低周波成分を計算する。具体的には、低周波成分計算部 6 は、ステップ S3 に記載された反射情報復元部 120 が行う処理に基づいて、対象物領域検出部 3 が検出した対象物領域の低周波成分を計算する。

[0147] 反射情報復元部 7 は、対象物領域の陰影情報と、表面反射成分と、完全拡散成分とを計算する。具体的には、反射情報復元部 7 は、ステップ S4 に記載された反射情報復元部 120 が行う処理に従い、対象物領域の低周波成分を利用して、対象物領域における表面反射成分と完全拡散成分を求め、さらに、対象物領域の陰影情報を求める。

[0148] アルベド計算部 8 は、対象物領域のアルベドを計算する。具体的には、アルベド計算部 8 は、反射情報復元部 7 が求めた完全拡散成分から輝度、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。なお、反射情報復元部 7 がアルベドを算出する処理は、ステップ S 5 に記載されたアルベド計算部 130 が行う処理手順に従う。

[0149] 表面反射率復元部 9 は、対象物領域の表面反射率を復元する。具体的には、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復元する。表面反射率復元部 9 は、ステップ S 6 に記載されたアルベド補正部 142 が行う処理手順に従って、表面反射率を復元する。

[0150] 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可能なメモリである。

[0151] 補正アルベド算出部 10 は、表面反射率を補正してアルベドを補正する。具体的には、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、表面反射率復元部 9 が復元した表面反射率を補正する。次に、補正アルベド算出部 10 は、補正した表面反射率をもとに、再現表面反射率を計算する。そして、補正アルベド算出部 10 は、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 は、ステップ S 7 に記載されたアルベド補正部 142 が行う処理手順に従う。

[0152] なお、補正アルベド算出部 10 は、複数の参照表面反射率を用いて再現表面反射率を算出してもよい。この場合、補正アルベド算出部 10 は、ステップ S 7 の後半部に記載されたアルベド補正部 142 が行う処理手順（より具体的には、再現表面反射率拡張導出処理）に従って再現表面反射率を算出する。

[0153] 再現色算出部 12 は、対象物領域の再現色を算出する。具体的には、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、完全拡散成分の輝度（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する。そして、再現色算出

部 1 2 は、算出した補正後の画像を出力画像として出力する。なお、再現色算出部 1 2 は、ステップ S 8 に記載された再現色算出部 1 5 0 が行う処理手順に従って、補正後の色を算出し、補正した画像を出力する。

[01 54] 以上のことから、図 1 0 に例示するカラー画像処理装置 1 0 1 と、図 2 に例示するカラー画像処理装置 1 0 0 とは、以下の対応関係を有する。画像情報取得部 1 1 0 は、対象物領域検出部 3 に対応する。反射情報復元部 1 2 0 は、低周波成分計算部 6 と、反射情報復元部 7 とによって実現される。アルベド計算部 1 3 0 は、アルベド計算部 8 に対応する。アルベド補正処理部 1 4 0 における分光分布復元部 1 4 1 は、分光分布復元部 4 と代表表面反射率保存メモリ 5 とによって実現される。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 によって実現される。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、その他の構成であってもよい。

[01 55] 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る。具体的には、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、低周波成分計算部 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、再現色算出部 1 2 とは、プログラム（カラー画像処理プログラム）に従って動作するコンピュータの中央処理装置（CPU）によって実現される。また、代表表面反射率保存メモリ 5 と、参照表面反射率保存メモリ 1 1 とは、例えば、カラー画像処理装置 1 0 1 が備えるメモリ装置によって実現される。

[01 56] 例えば、プログラムは、カラー画像処理装置 1 0 1 の記憶部（図示せず）に記憶され、CPU は、そのプログラムを読み込み、プログラムに従って、対象物領域検出部 3、分光分布復元部 4、低周波成分計算部 6、反射情報復元部 7、アルベド計算部 8、表面反射率復元部 9、補正アルベド算出部 1 0、及び、再現色算出部 1 2 として動作してもよい。

[01 57] また、対象物領域検出部 3 と、分光分布復元部 4 と、低周波成分計算部 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 10 と、再現色算出部 12 とは、それぞれが専用のハードウェアで実現されていてもよい。

[01 58] なお、カラー画像処理装置を構成する各構成要素が CPU 及びメモリで実現可能であること、およびプログラムに従って動作可能であることは、実施形態 1 に限らず、後述する第 2 の実施形態でも同様である。

[01 59] 実施形態 2 .

次に、本発明の第 2 の実施形態における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。図 11 は、本発明の第 2 の実施形態におけるカラー画像処理方法の例を示すフローチャートである。第 2 の実施形態におけるカラー画像処理方法についても、図 2 に例示するカラー画像処理装置 100 を用いて実現するものとする。

[01 60] 第 2 の実施形態におけるカラー画像処理方法は、図 3 におけるステップ S 6 及びステップ S 7 で行われる 2 つの処理（具体的には、表面反射率を復元する処理及び補正後のアルベドを計算する処理）が 1 つの処理にまとめられている点において、第 1 の実施形態におけるカラー画像処理方法と異なる。それ以外の処理については、第 1 の実施形態と同様である。

[01 61] 具体的には、図 2 に例示するアルベド補正部 142 が、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 6）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 7）とをまとめた処理（具体的には、図 10 におけるステップ S 9）を行う。すなわち、ステップ S 9 では、図 11 におけるステップ S 8 で行われる補正後の再現色の計算結果が、第 1 の実施形態におけるステップ S 8 で算出された計算結果と同様の結果になるような計算式（補正式）を作成する。以下、ステップ S 9 で、アルベド補正部 142 が、線形計算に基づく補正式を作成する方法について説明する。このような補正式を利用したカラー画像処理方法を用いれば、第 1 の実施形態におけるカラー画像処理方法と同等の補正

結果を低計算コストで実現できる。

[01 62] なお、入力画像から特定対象物を検出して、その特定対象物のアルベドを算出するまでの図 11 におけるステップ S 1 からステップ S 5 の処理、及び、補正後の画素値を算出する図 11 におけるステップ S 8 の処理は、図 3 に例示するステップ 1 からステップ S 5 及びステップ S 8 の処理と同様であるため説明を省略する。

[01 63] アルベド計算部 130 が特定対象物のアルベドを算出した後、アルベド補正部 142 は、特定対象物の参照表面反射率を利用して、入力画像中の特定対象物における各画素の表面反射率を補正する。そして、アルベド補正部 142 は、補正後のアルベドを線形変換によって計算する（ステップ S 9）。具体的には、まず、アルベド補正部 142 は、上述の式 11 で要素 m_{ij} ($i = 1 \sim 3, j = 1 \sim 3$) により構成される 3×3 行列（すなわち、対象物領域における表面反射率の補正行列）を、ステップ S 6 で説明し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。

[01 64] いま、ステップ S 2 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 が、図 3 のステップ S 6 と同様の処理を行い、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 $R(\lambda)$ を復元しているものとする。すなわち、ここでは、物体の色を表す特性パラメータ b_i ($i = 1 \sim 3$) がすでに得られている状態にあるものとする。この状態で、アルベド補正部 142 は、上述したステップ S 7 と同様の処理によって、表面反射率を補正する 3×3 行列の補正行列を導出する。

[01 65] 補正行列を導出した後、アルベド補正部 142 は、 $R'(\lambda)$ の特性パラメータ、 b'_i ($i = 1 \sim 3$) を、式 11 を用いて算出する。ここで、 $R'(\lambda)$ は、補正後の対象物領域の表面反射率である。そして、アルベド補正部 142 は、特性パラメータ b'_i ($i = 1 \sim 3$) を式 6 に代入することで、補正後の表面反射率 $R'(\lambda)$ を計算する。このとき、補正後の表面反射率 $R'(\lambda)$ は、以下の式 15 のように表わされる。

[01 66] [数9]

$$R'(\lambda) = r_0(\lambda) + b_1' r_1(\lambda) + b_2' r_2(\lambda) + b_3' r_3(\lambda) \quad (\text{式 1 5})$$

[01 67] また、補正後の対象物領域の色の三刺激値 X' Y' Z' は、以下の式 1 6 のように表される。

[01 68] [数10]

$$\begin{aligned} X' &= \int I(\lambda) R'(\lambda) x(\lambda) d\lambda \\ Y' &= \int I(\lambda) R'(\lambda) y(\lambda) d\lambda \\ Z' &= \int I(\lambda) R'(\lambda) z(\lambda) d\lambda \end{aligned} \quad (\text{式 1 6})$$

[01 69] さらに、式 1 6 の右辺に、式 1 5 を代入し、行列変換の形式で表すと、以下の式 1 7 のようになる。

[01 70] [数11]

$$\begin{pmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} M(x, r_1) & M(x, r_2) & M(x, r_3) \\ M(y, r_1) & M(y, r_2) & M(y, r_3) \\ M(z, r_1) & M(z, r_2) & M(z, r_3) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} b_1' \\ b_2' \\ b_3' \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} M(x, r_0) \\ M(y, r_0) \\ M(z, r_0) \end{pmatrix} \quad (\text{式 1 7})$$

[01 71] ここで、 $M(x, r_i)$ ($i = 0 \sim 3$) は、以下の積分項を表す。 y 、 z についても同様である。

[01 72] [数12]

$$\int I(\lambda) r_i(\lambda) x(\lambda) d\lambda$$

[01 73] また、式 1 7 は、式 7 及び式 1 1 から、以下の式 1 8 のように表わされる。

[01 74] [数13]

$$\begin{pmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} M(x, r_1) & M(x, r_2) & M(x, r_3) \\ M(y, r_1) & M(y, r_2) & M(y, r_3) \\ M(z, r_1) & M(z, r_2) & M(z, r_3) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} M(x, r_1) & M(x, r_2) & M(x, r_3) \\ M(y, r_1) & M(y, r_2) & M(y, r_3) \\ M(z, r_1) & M(z, r_2) & M(z, r_3) \end{pmatrix}^{-1} + \begin{pmatrix} X - M(x, r_0) \\ Y - M(y, r_0) \\ Z - M(z, r_0) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} M(x, r_0) \\ M(y, r_0) \\ M(z, r_0) \end{pmatrix} \quad (\text{式 1 8})$$

[01 75] さらに、式 1 8 は、以下の式 1 9 のようにまとめることができる。

[01 76] [数 14]

$$\begin{pmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{pmatrix} = O \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} + P \quad (\text{式 1 9})$$

[01 77] ここで、行列 O は、以下の式 2 0 で表される 3×3 行列であり、行列 P は、以下の式 2 1 で表される 3×1 行列であって、いずれの行列も定数行列になる。

[01 78] [数 15]

$$O = \begin{pmatrix} M(x, r_1) & M(x, r_2) & M(x, r_3) \\ M(y, r_1) & M(y, r_2) & M(y, r_3) \\ M(z, r_1) & M(z, r_2) & M(z, r_3) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} M(x, r_1) & M(x, r_2) & M(x, r_3) \\ M(y, r_1) & M(y, r_2) & M(y, r_3) \\ M(z, r_1) & M(z, r_2) & M(z, r_3) \end{pmatrix}^{-1} \quad (\text{式 2 0})$$

$$P = \begin{pmatrix} M(x, r_0) \\ M(y, r_0) \\ M(z, r_0) \end{pmatrix} - O \begin{pmatrix} M(x, r_0) \\ M(y, r_0) \\ M(z, r_0) \end{pmatrix} \quad (\text{式 2 1})$$

[01 79] 色情報を補正する式である式 1 9 が得られると、分光分布復元部 1 4 1 は、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 $X Y Z$ を算出する。そして、アルベド補正部 1 4 2 は、式 1 9 を用いて補正後の三刺激値 $X' Y' Z'$ を計算する。そして、アルベド補正部 1 4 2 は、式 1 2 を用いて、補正後の $R' G' B'$ (補正後のアルベド) を計算する。すなわち、入力画像中の対象領域における全ての画素値 $R G B$ を、画素値 $R' G' B'$ に補正する処理が、1つの線形計算で表わせる。なお、この線形計算を行う式をアルベド補正式と呼ぶことができる。このアルベド補正式は、表面反射率を補正する行列を用いて線形式で表わされた、アルベドを補正する式であるといえる。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。

[01 80] すなわち、本実施形態によれば、アルベド補正部 1 4 2 が補正式 (アルベド補正式) に基づいて補正アルベドを算出する。よって、第 1 の実施形態の

効果に加え、第 1 の実施形態におけるカラー画像処理方法と同等の補正結果を低計算コストで実現できる。

[0181] 次に、カラー画像処理装置の他の変形例について説明する。図 12 は、第 2 の実施形態におけるカラー画像処理方法に適用されるカラー画像処理装置の例を示す説明図である。図 12 に例示する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、代表表面反射率保存メモリ 5 と、低周波成分計算部 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 とを備えている。

[0182] すなわち、カラー画像処理装置 102 は、図 10 に例示するカラー画像処理装置 101 の表面反射率復元部 9 及び補正アルベド算出部 10 を、アルベド補正部 13 に置き換えた装置である。そのため、以下、アルベド補正部 13 の内容についてのみ説明する。

[0183] アルベド補正部 13 は、前述した図 11 のステップ S9 に相当する処理を実行する。具体的には、アルベド補正部 13 は、アルベド補正部 13 は、対象物領域の色を補正する補正式として、式 19、もしくは、式 1 と式 19 と式 12 とを一つの線形変換の形式で表した補正式を作成する。そして、アルベド補正部 13 は、この補正式を用いて対象物領域の画素を補正した補正アルベドを算出する。

[0184] 次に、本発明を実現する様々な実施形態について説明する。本発明による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。また、本発明によるカラー画像処理方法及びカラー画像処理装置が行う各処理は、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。

[0185] 例えば、図 2 に例示するカラー画像処理装置 100 を、プログラムを用いてコンピュータで実現する場合、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。具体的には、プログラムが

、コンピュータのメモリにロードされ、CPUの制御のもとで、以下の命令
(a) ~ (e) が実行される。

[01 86] (a) 画像処理の対象とする領域である対象物領域を入力画像から検出する対象物領域検出手順。この手順は、図2における画像情報取得部110が行う処理に対応する。

[01 87] (b) 対象物領域における色情報及びその対象物領域における低周波成分である完全拡散成分を算出し、その色情報及び低周波成分に基づいて表面反射成分を復元する反射成分復元手順。この手順は、図2における反射情報復元部120が行う処理に対応する。

[01 88] (c) 完全拡散成分から、その完全拡散成分の輝度を示す情報である陰影情報を除去した色情報であるアルベドを算出するアルベド算出手順。この手順は、図2におけるアルベド計算部130が行う処理に対応する。

[01 89] (d) 対象物領域における色情報及びアルベドに基づいて、対象物領域における表面反射率を復元し、その表面反射率に基づいてアルベドを補正した色情報である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におけるアルベド補正処理部140が行う処理に対応する。

[01 90] (e) 補正アルベドに陰影情報及び表面反射成分を付加した色情報である再現色を算出し、その再現色に基づ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における再現色算出部150が行う処理に対応する。

[01 91] 具体的に、アルベド補正処理手順を、次の手順で実現してもよい。

[01 92] (f) 対象物領域における色情報から、照明の分光分布を復元する分光分布復元手順、(g) 分光分布とアルベドとに基づいて、対象物領域における表面反射率を復元する表面反射率復元手順、および、(h) 表面反射率に基づいて補正アルベドを算出する補正アルベド算出手順。

[01 93] 補正アルベド算出手順では、より具体的には、対象物領域に応じて予め定められた参照表面反射率をもとに表面反射率を補正した反射率である再現表面反射率を算出し、その再現表面反射率に基づいて補正アルベドを算出する。なお、参照表面反射率は、例えば、参照表面反射率保存メモリに記憶され

る。

[01 94] 分光分布復元手順では、より具体的には、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して予め定められた代表表面反射率とから分光分布を復元する。

[01 95] さらに、アルベド補正処理手順では、例えば、第2の実施形態で説明したように、表面反射率を補正する行列を用いて線形式で表わされた、アルベドを補正する式であるアルベド補正式に基づいて補正アルベドを算出してもよい。補正式は、例えば、行列式で表わされる。

[01 96] なお、上述した各処理は、プログラムで実現する処理の一例を示したものであり、プログラムが行う処理は、これらの処理に限られることはない。また、複数の処理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。

[01 97] また、プログラム（カラー画像処理プログラム）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、フロッピーディスクアップ付き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。

[01 98] 以上説明したように、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特定の対象物について、その特定の対象物が示す領域の所望の色再現を実現できる。そのため、画像の質感が劣化することを防止し、画像の質感を維持または向上させることができる。

[01 99] また、例えば、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、本来の物体の質感を低下させてしまうという課題があった。しかし、本発明では、上記課題を解決している。すなわち、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。

[0200] また、本発明によれば、光ファイバスペクトロメータや、3Dスキャナなどの測定装置を必要とせず、入力画像のみを利用した、より容易な方法で画像の質感を向上させることができる。

[0201] 次に、本発明によるカラー画像処理装置の最小構成の例を説明する。図13は、本発明によるカラー画像処理装置の最小構成の例を示すブロック図である。本発明によるカラー画像処理装置は、画像処理の対象とする領域である対象物領域を入力画像から検出する対象物領域検出手段81（例えば、画像情報取得部110）と、対象物領域における色情報及びその対象物領域における低周波成分である完全拡散成分を算出し、その色情報及び低周波成分に基づいて（例えば、色情報から低周波成分を除いて）表面反射成分を復元する反射成分復元手段82（例えば、反射情報復元部120）と、完全拡散成分から、その完全拡散成分の輝度を示す情報である陰影情報を除去した色情報であるアルベドを算出するアルベド算出手段83（例えば、アルベド計算部130）と、対象物領域における色情報及びアルベドに基づいて、対象物領域における表面反射率を復元し、その表面反射率に基づいてアルベドを補正した色情報である補正アルベドを算出するアルベド補正処理手段84（例えば、アルベド補正処理部140）と、補正アルベドに陰影情報及び表面反射成分を付加した色情報である再現色を算出し、その再現色に基づいて出力画像を生成する再現色算出手段85（例えば、再現色算出部150）とを備えている。

[0202] そのような構成により、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を、低い計算コストで所望の色に再現し、質感を向上させることができる。

[0203] また、上記の実施形態の一部又は全部は、以下の付記のようにも記載されるが、以下には限られない。

[0204] （付記1）画像処理の対象とする領域である対象物領域を入力画像から検出

し、前記対象物領域における色情報及び当該対象物領域における低周波成分である完全拡散成分を算出し、前記色情報及び低周波成分に基づいて表面反射成分を復元し、前記完全拡散成分から、当該完全拡散成分の輝度を示す情報である陰影情報を除去した色情報であるアルベドを算出し、前記対象物領域における色情報及び前記アルベドに基づいて、対象物領域における表面反射率を復元し、前記表面反射率に基づいて前記アルベドを補正した色情報である補正アルベドを算出し、前記補正アルベドに前記陰影情報及び前記表面反射成分を付加した色情報である再現色を算出し、前記再現色に基づいて出力画像を生成することを特徴とするカラー画像処理方法。

- [0205] (付記2) 表面反射率を復元する際、対象物領域における色情報から、照明の分光分布を復元し、当該分光分布とアルベドとに基づいて、対象物領域における表面反射率を復元し、補正アルベドを算出する際には、前記表面反射率に基づいて補正アルベドを算出する付記1記載のカラー画像処理方法。
- [0206] (付記3) 補正アルベドを算出する際、対象物領域に応じて予め定められた参照表面反射率をもとに表面反射率を補正した反射率である再現表面反射率を算出し、当該再現表面反射率に基づいて補正アルベドを算出する付記1または付記2記載のカラー画像処理方法。
- [0207] (付記4) 補正アルベドを算出する際、3以上の参照表面反射率をもとに再現表面反射率を算出する付記3記載のカラー画像処理方法。
- [0208] (付記5) 照明の分光分布を復元する際、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して予め定められた代表表面反射率とをもとに分光分布を復元する付記2から付記4のうちのいずれか1つに記載のカラー画像処理方法。
- [0209] (付記6) 補正アルベドを算出する際、表面反射率を補正する行列を用いて線形式で表わされた、アルベドを補正する式であるアルベド補正式を生成し、アルベドに対して当該アルベド補正式を用いた行列変換を行うことにより補正アルベドを算出する付記1から付記5のうちのいずれか1項に記載のカラー画像処理方法。

- [021 0] (付記 7) 画像処理の対象とする領域である対象物領域を入力画像から検出する対象物領域検出手段と、前記対象物領域における色情報及び当該対象物領域における低周波成分である完全拡散成分を算出し、当該色情報及び低周波成分に基づいて表面反射成分を復元する反射成分復元手段と、前記完全拡散成分から、当該完全拡散成分の輝度を示す情報である陰影情報を除去した色情報であるアルベドを算出するアルベド算出手段と、前記対象物領域における色情報及び前記アルベドに基づいて、対象物領域における表面反射率を復元し、当該表面反射率に基づいて前記アルベドを補正した色情報である補正アルベドを算出するアルベド補正手段と、前記補正アルベドに前記陰影情報及び前記表面反射成分を付加した色情報である再現色を算出し、当該再現色に基づいて出力画像を生成する再現色算出手段とを備えたことを特徴とするカラー画像処理装置。
- [021 1] (付記 8) アルベド補正手段は、対象物領域における色情報から、照明の分光分布を復元する分光分布復元手段と、前記分光分布とアルベドとに基づいて、対象物領域における表面反射率を復元する表面反射率復元手段と、前記表面反射率に基づいて補正アルベドを算出する補正アルベド算出手段とを含む付記 7 記載のカラー画像処理装置。
- [021 2] (付記 9) 対象物領域に応じて予め定められた参照表面反射率を記憶する参照表面反射率記憶手段を備え、補正アルベド算出手段は、前記参照表面反射率をもとに表面反射率を補正した反射率である再現表面反射率を算出し、当該再現表面反射率に基づいて補正アルベドを算出する付記 8 記載のカラー画像処理装置。
- [021 3] (付記 10) 参照表面反射率記憶手段は、3 以上の参照表面反射率を記憶し、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もとに再現表面反射率を算出する付記 9 記載のカラー画像処理装置。
- [0214] (付記 11) アルベド補正手段は、表面反射率を補正する行列を用いて線形式で表わされた、アルベドを補正する式であるアルベド補正式を生成し、アルベドに対して当該アルベド補正式を用いた行列変換を行うことにより補正

アルベドを算出する付記 7 から付記 10 のうちのいずれか 1 つに記載のカラー画像処理装置。

[021 5] (付記 1 2) 補正アルベド算出手段は、表面反射率を補正する行列を用いて線形式で表わされた、アルベドを補正する式であるアルベド補正式を算出された再現表面反射率をもとに生成し、当該補正式を用いて補正アルベドを算出する付記 9 記載のカラー画像処理装置。

[021 6] (付記 1 3) 代表表面反射率を記憶する代表表面反射率記憶手段を備え、分光分布復元手段は、対象物領域における色情報と、前記代表表面反射率記憶手段に記憶された表面反射率とをもとに分光分布を復元する付記 8 から付記 1 2 のうちのいずれか 1 つに記載のカラー画像処理装置。

[021 7] (付記 1 4) コンピュータに、画像処理の対象とする領域である対象物領域を入力画像から検出する対象物領域検出処理、前記対象物領域における色情報及び当該対象物領域における低周波成分である完全拡散成分を算出し、当該色情報及び低周波成分に基づいて表面反射成分を復元する反射成分復元処理、前記完全拡散成分から、当該完全拡散成分の輝度を示す情報である陰影情報を除去した色情報であるアルベドを算出するアルベド算出処理、前記対象物領域における色情報及び前記アルベドに基づいて、対象物領域における表面反射率を復元し、当該表面反射率に基づいて前記アルベドを補正した色情報である補正アルベドを算出するアルベド補正処理、および、前記補正アルベドに前記陰影情報及び前記表面反射成分を付加した色情報である再現色を算出し、当該再現色に基づいて出力画像を生成する再現色算出処理を実行させるためのカラー画像処理プログラム。

[021 8] (付記 1 5) コンピュータに、アルベド補正処理で、対象物領域における色情報から、照明の分光分布を復元する分光分布復元処理、前記分光分布とアルベドとに基づいて、対象物領域における表面反射率を復元する表面反射率復元処理、および、前記表面反射率に基づいて補正アルベドを算出する補正アルベド算出処理を実行させる付記 1 4 記載のカラー画像処理プログラム。

[021 9] (付記 1 6) コンピュータに、補正アルベド算出処理で、対象物領域に応じ

て予め定められた参照表面反射率を記憶する参照表面反射率記憶手段に記憶された当該参照表面反射率をもとに表面反射率を補正した反射率である再現表面反射率を算出させ、当該再現表面反射率に基づいて補正アルベドを算出させる付記 15 記載のカラー画像処理プログラム。

[0220] (付記 17) コンピュータに、補正アルベド算出処理で、参照表面反射率記憶手段に記憶された 3 以上の参照表面反射率をもとに再現表面反射率を算出させる付記 16 記載のカラー画像処理プログラム。

[0221] (付記 18) コンピュータに、分光分布復元処理で、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して予め定められた代表表面反射率とをもとに分光分布を復元させる付記 15 から付記 17 のうちのいずれか 1 つに記載のカラー画像処理プログラム。

[0222] (付記 19) コンピュータに、補正アルベド算出処理で、表面反射率を補正する行列を用いて線形式で表わされた、アルベドを補正する式であるアルベド補正式を生成させ、アルベドに対して当該アルベド補正式を用いた行列変換を行うことにより補正アルベドを算出させる付記 14 から付記 18 のうちのいずれか 1 つに記載のカラー画像処理プログラム。

[0223] 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つて限定されるものではない。本願発明の構成や詳細には、発明のスコープ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。

[0224] この出願は、2010 年 6 月 30 日に出願された日本特許出願 2010 _ 149233 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

[0225] 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好適に適用できる。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

- [0226]
- 1 入力画像
 - 2 出力画像
 - 3 対象物領域検出部
 - 4 照明の分光分布復元部
 - 5 対象物の代表表面反射率保存メモリ
 - 6 対象物領域の低周波成分計算部
 - 7 対象物領域の陰影情報と表面反射成分と完全拡散成分計算部
 - 8 対象物領域のアルベド計算部
 - 9 対象物領域の表面反射率復元部
 - 10 表面反射率補正による補正アルベド算出部
 - 11 対象物の参照表面反射率保存メモリ
 - 12 対象物領域の再現色算出部
 - 13 アルベド補正手段
 - 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
 - 142 アルベド補正部
 - 150 再現色算出部

請求の範囲

- [請求項 1] 画像処理の対象とする領域である対象物領域を入力画像から検出し、
- 、
- 前記対象物領域における色情報及び当該対象物領域における低周波成分である完全拡散成分を算出し、
- 前記色情報及び低周波成分に基づいて表面反射成分を復元し、
- 前記完全拡散成分から、当該完全拡散成分の輝度を示す情報である陰影情報を除去した色情報であるアルベドを算出し、
- 前記対象物領域における色情報及び前記アルベドに基づいて、対象物領域における表面反射率を復元し、
- 前記表面反射率に基づいて前記アルベドを補正した色情報である補正アルベドを算出し、
- 前記補正アルベドに前記陰影情報及び前記表面反射成分を付加した色情報である再現色を算出し、
- 前記再現色に基づいて出力画像を生成することを特徴とするカラー画像処理方法。
- [請求項 2] 表面反射率を復元する際、対象物領域における色情報から、照明の分光分布を復元し、当該分光分布とアルベドとに基づいて、対象物領域における表面反射率を復元し、
- 補正アルベドを算出する際には、前記表面反射率に基づいて補正アルベドを算出する
- 請求項 1 記載のカラー画像処理方法。
- [請求項 3] 補正アルベドを算出する際、対象物領域に応じて予め定められた参照表面反射率をもとに表面反射率を補正した反射率である再現表面反射率を算出し、当該再現表面反射率に基づいて補正アルベドを算出する
- 請求項 1 または請求項 2 記載のカラー画像処理方法。
- [請求項 4] 補正アルベドを算出する際、3 以上の参照表面反射率をもとに再現

表面反射率を算出する請求項 3 記載のカラー画像処理方法。

[請求項 5] 照明の分光分布を復元する際、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して予め定められた代表表面反射率とをもとに分光分布を復元する

請求項 2 から請求項 4 のうちのいずれか 1 項に記載のカラー画像処理方法。

[請求項 6] 補正アルベドを算出する際、表面反射率を補正する行列を用いて線形式で表わされた、アルベドを補正する式であるアルベド補正式を生成し、アルベドに対して当該アルベド補正式を用いた行列変換を行うことにより補正アルベドを算出する

請求項 1 から請求項 5 のうちのいずれか 1 項に記載のカラー画像処理方法。

[請求項 7] 画像処理の対象とする領域である対象物領域を入力画像から検出する対象物領域検出手段と、

前記対象物領域における色情報及び当該対象物領域における低周波成分である完全拡散成分を算出し、当該色情報及び低周波成分に基づいて表面反射成分を復元する反射成分復元手段と、

前記完全拡散成分から、当該完全拡散成分の輝度を示す情報である陰影情報を除去した色情報であるアルベドを算出するアルベド算出手段と、

前記対象物領域における色情報及び前記アルベドに基づいて、対象物領域における表面反射率を復元し、当該表面反射率に基づいて前記アルベドを補正した色情報である補正アルベドを算出するアルベド補正手段と、

前記補正アルベドに前記陰影情報及び前記表面反射成分を付加した色情報である再現色を算出し、当該再現色に基づいて出力画像を生成する再現色算出手段とを備えた

ことを特徴とするカラー画像処理装置。

[請求項8]

アルベド補正手段は、

対象物領域における色情報から、照明の分光分布を復元する分光分布復元手段と、

前記分光分布とアルベドとに基づいて、対象物領域における表面反射率を復元する表面反射率復元手段と、

前記表面反射率に基づいて補正アルベドを算出する補正アルベド算出手段とを含む

請求項7記載のカラー画像処理装置。

[請求項9]

コンピュータに、

画像処理の対象とする領域である対象物領域を入力画像から検出する対象物領域検出処理、

前記対象物領域における色情報及び当該対象物領域における低周波成分である完全拡散成分を算出し、当該色情報及び低周波成分に基づいて表面反射成分を復元する反射成分復元処理、

前記完全拡散成分から、当該完全拡散成分の輝度を示す情報である陰影情報を除去した色情報であるアルベドを算出するアルベド算出処理、

前記対象物領域における色情報及び前記アルベドに基づいて、対象物領域における表面反射率を復元し、当該表面反射率に基づいて前記アルベドを補正した色情報である補正アルベドを算出するアルベド補正処理、および、

前記補正アルベドに前記陰影情報及び前記表面反射成分を付加した色情報である再現色を算出し、当該再現色に基づいて出力画像を生成する再現色算出処理

を実行させるためのカラー画像処理プログラム。

[請求項10]

コンピュータに、

アルベド補正処理で、

対象物領域における色情報から、照明の分光分布を復元する分光分

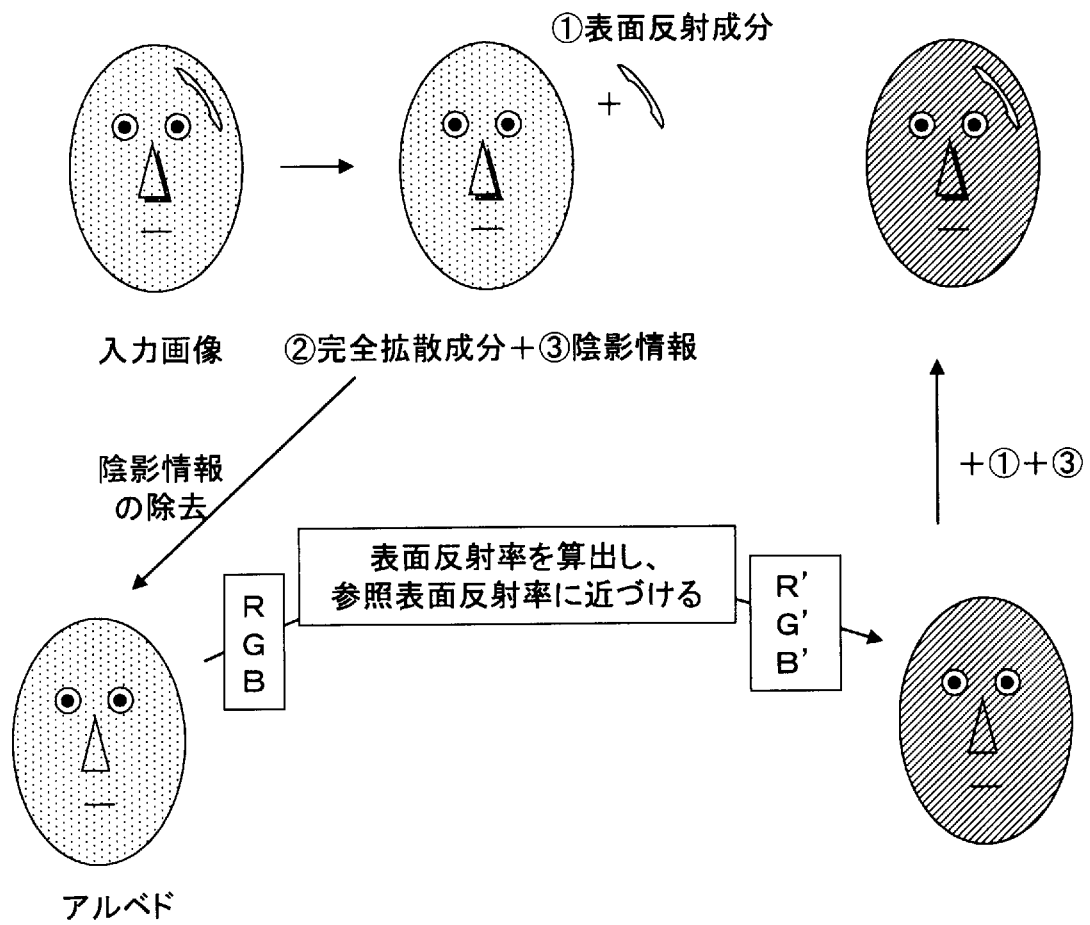
布復元処理、

前記分光分布とアルベドとに基づいて、対象物領域における表面反射率を復元する表面反射率復元処理、および、

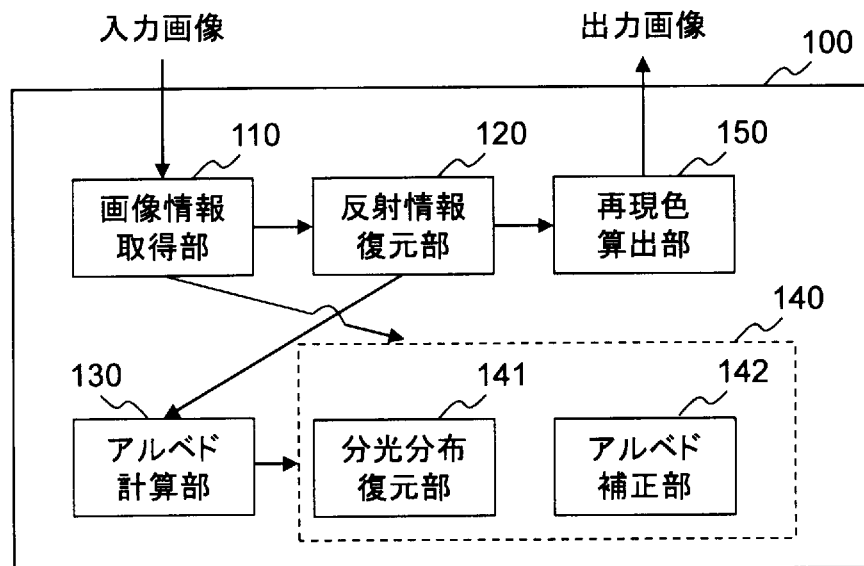
前記表面反射率に基づいて補正アルベドを算出する補正アルベド算出処理を実行させる

請求項 9 記載のカラー画像処理プログラム。

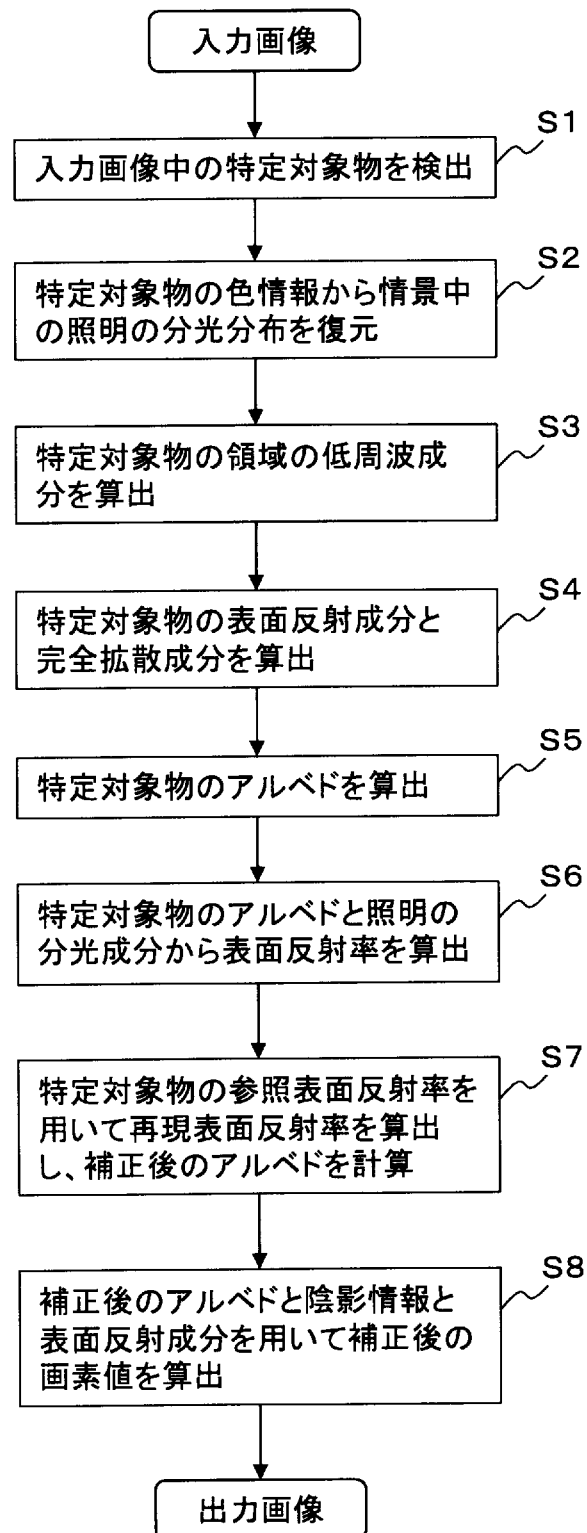
[図1]



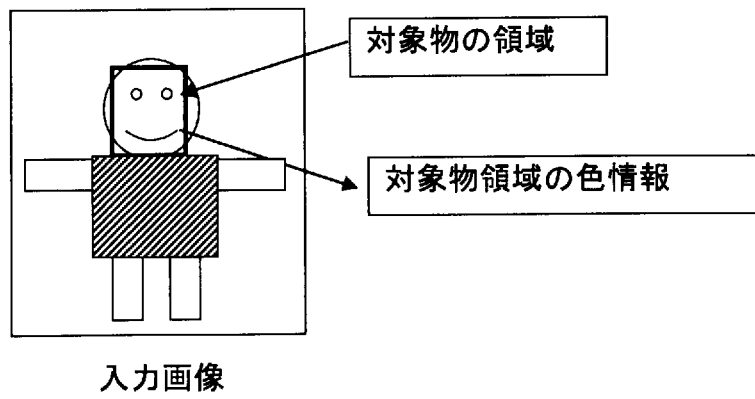
[図2]



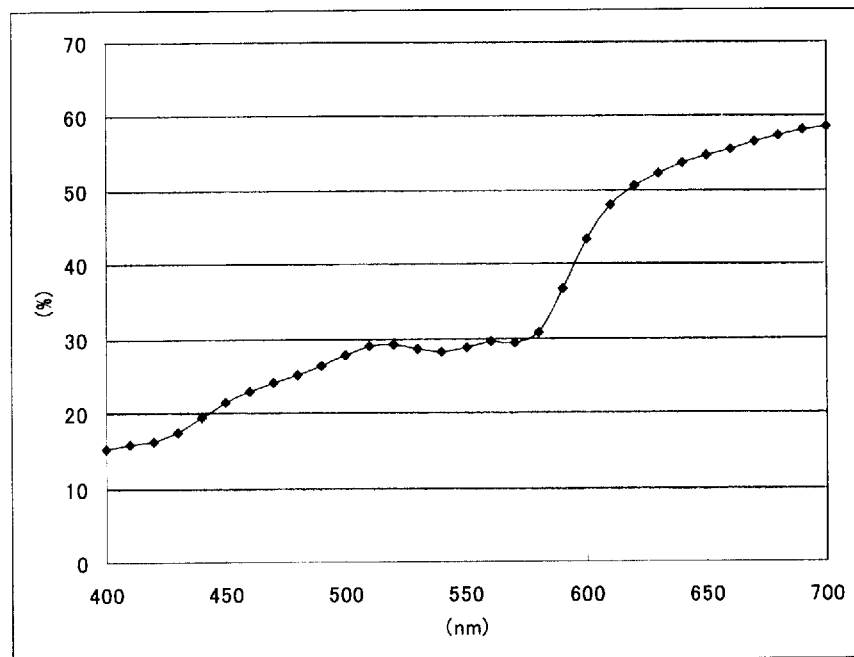
[図3]



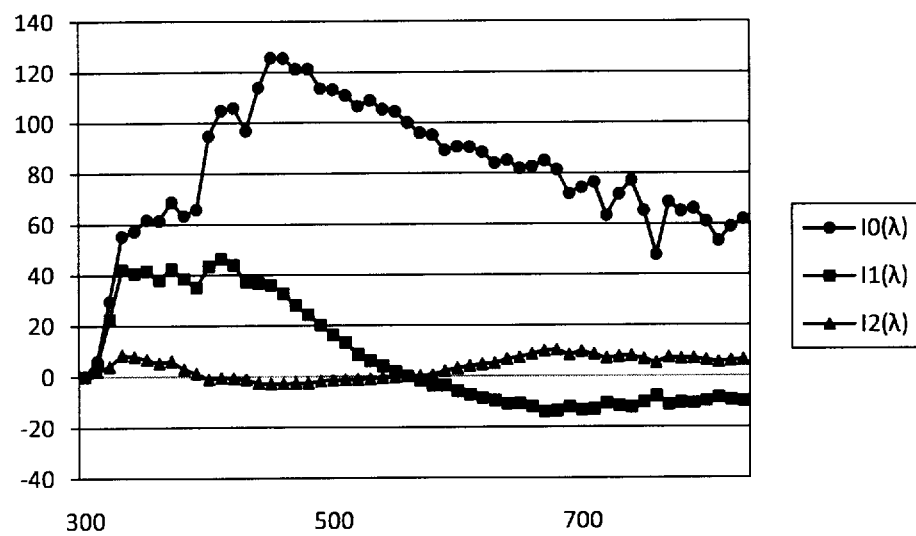
[図4]



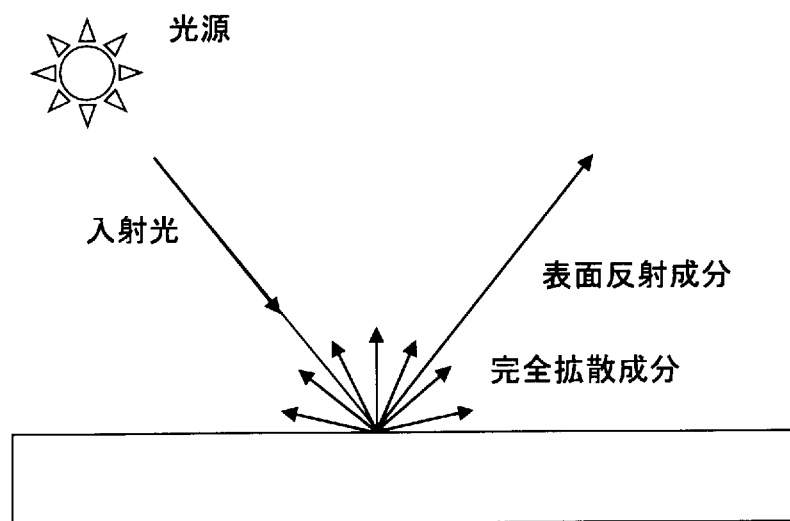
[図5]



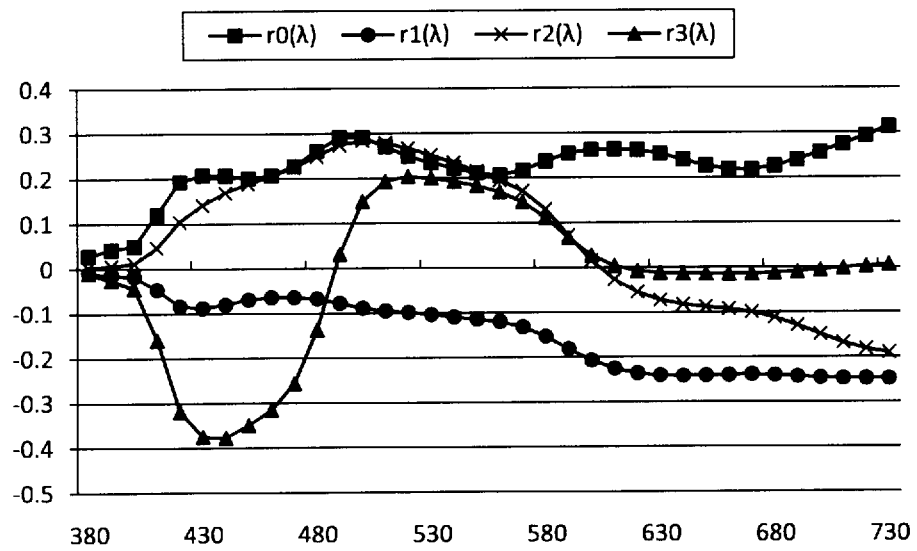
[図6]



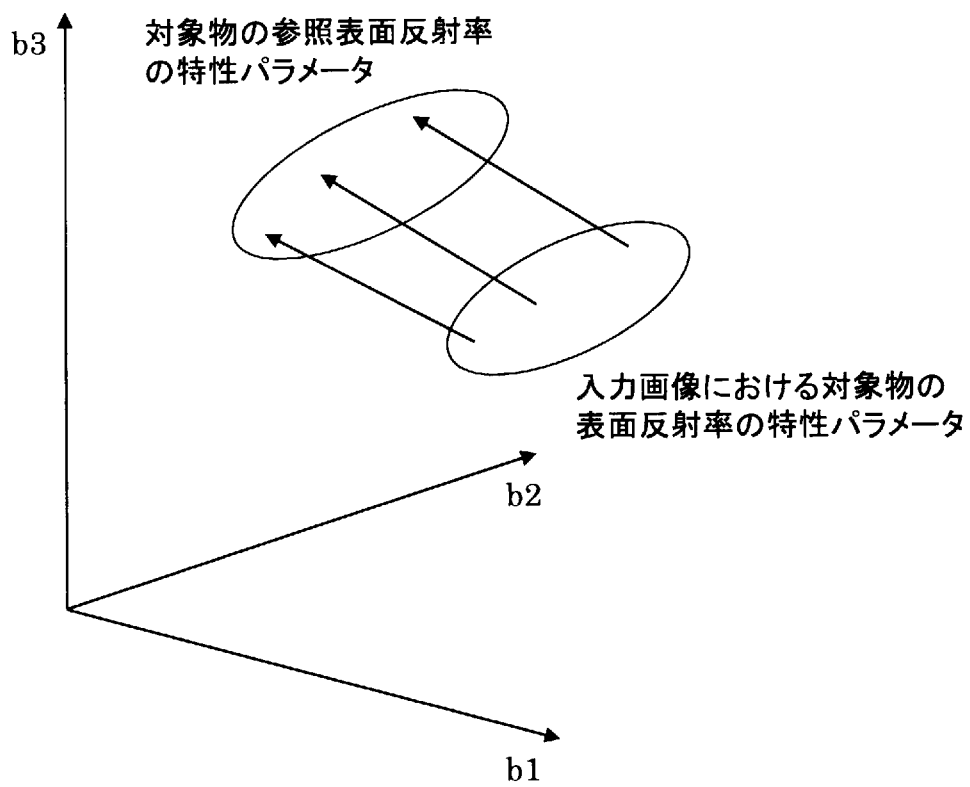
[図7]



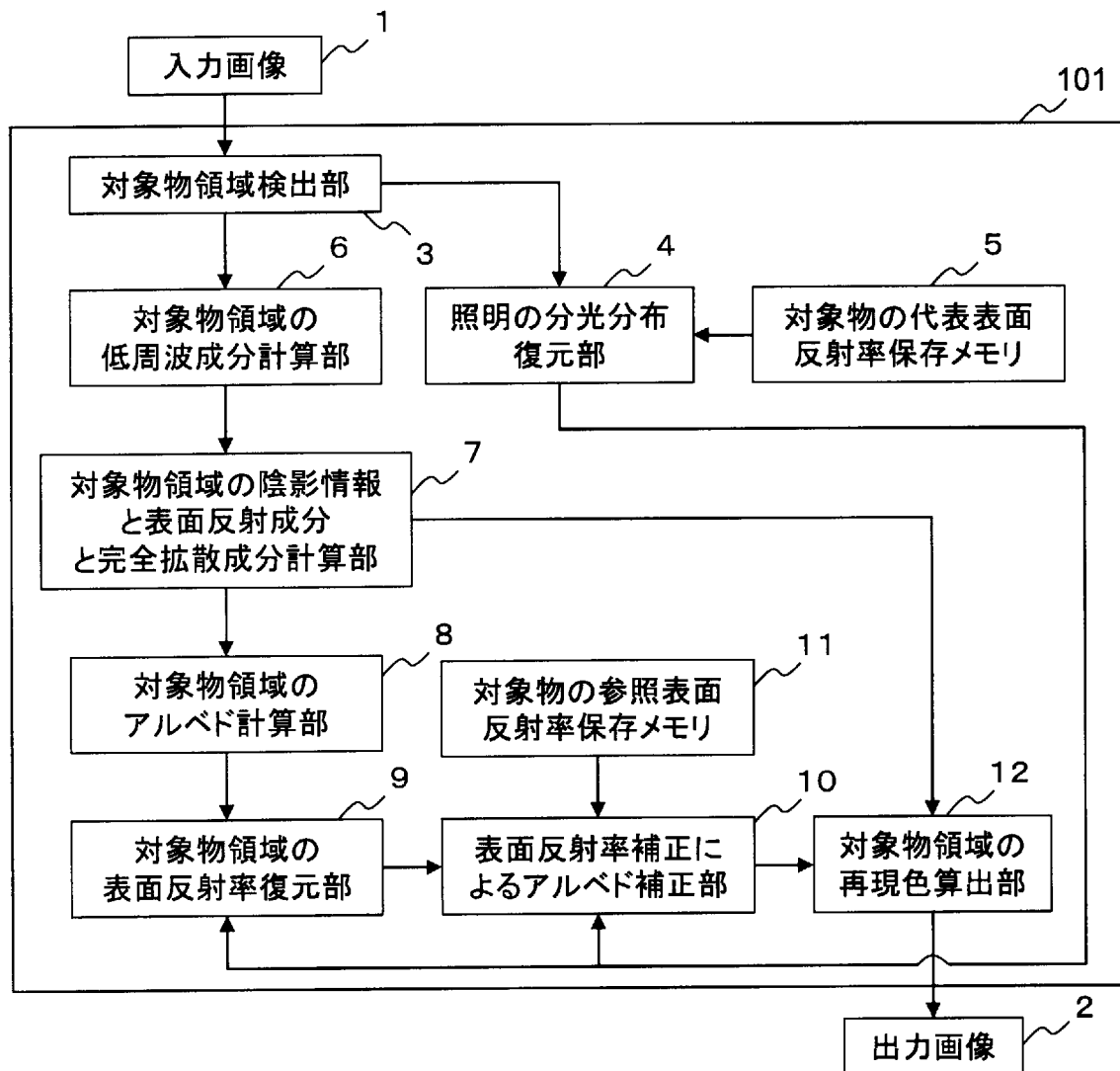
[図8]



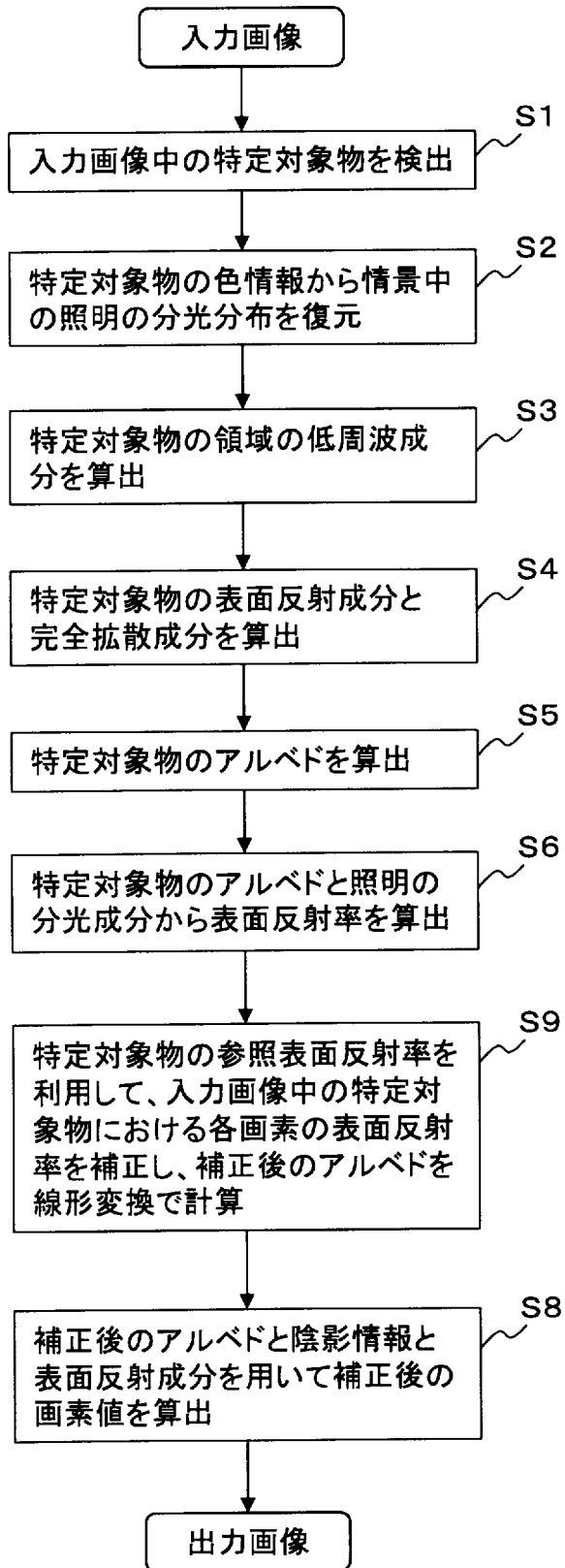
[図9]



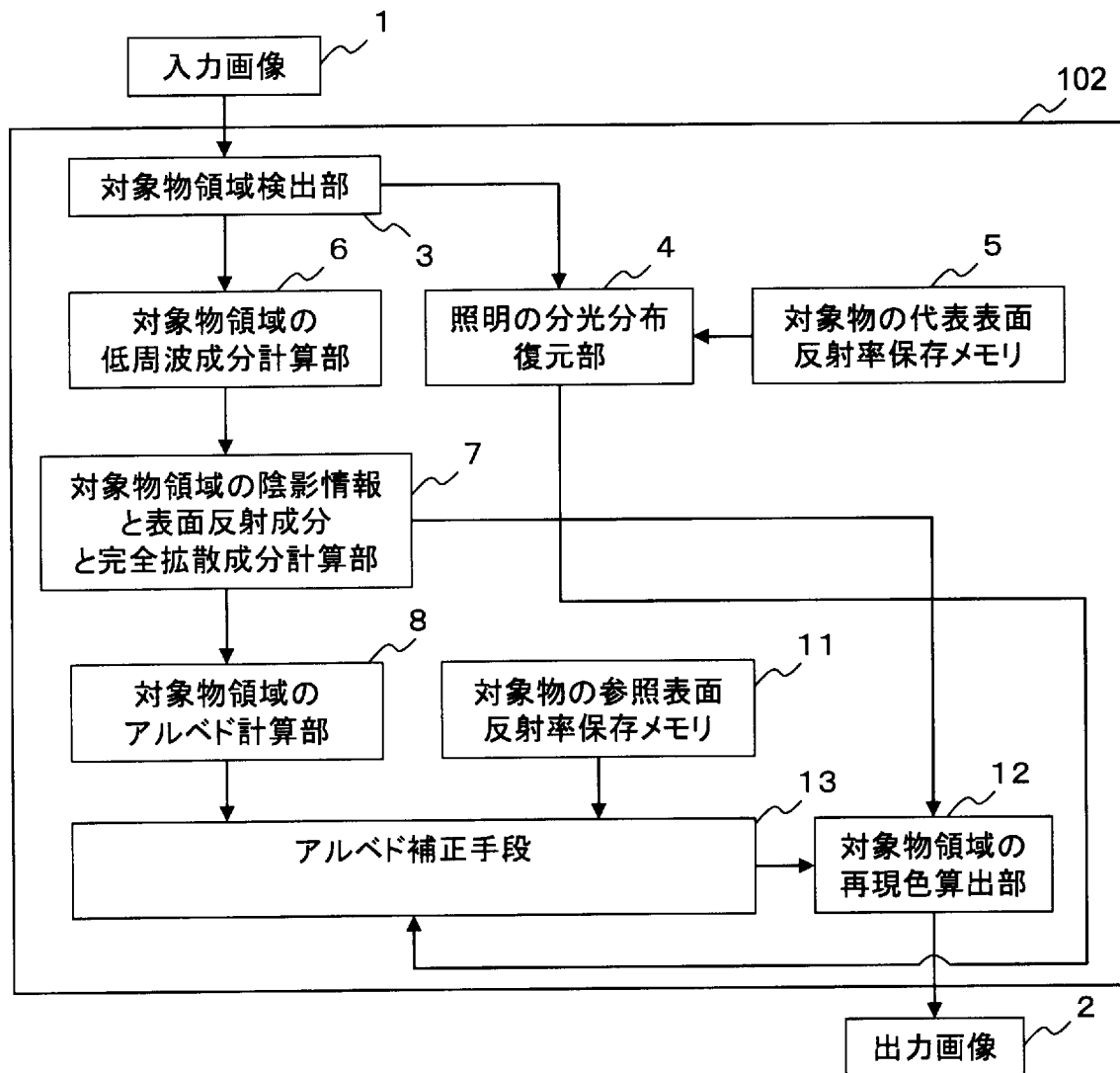
[図10]



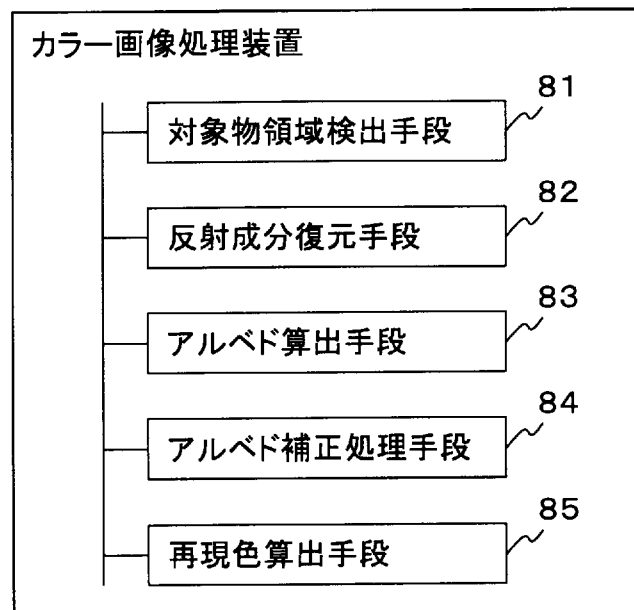
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT / JP2 011 / 003680

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G 0 6 T 1 / 0 0 (2 0 0 6 . 0 1) i , H 0 4 N 1 / 4 6 (2 0 0 6 . 0 1) i , H 0 4 N 1 / 6 0 (2 0 0 6 . 0 1) 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)

G 0 6 T 1 / 0 0 , H 0 4 N 1 / 4 6 , H 0 4 N 1 / 6 0 , H 0 4 N 9 / 6 4 , H 0 4 N 9 / 7 3

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

Jitsuyo	Shinan	Koho	1922-1 996	Jitsuyo	Shinan	Toroku	Koho	1996-2011	
Kokai	Jitsuyo	Shinan	Koho	1971-2011	Toroku	Jitsuyo	Shinan	Koho	1994-2011

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

JST Plus (JDreaml I)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	Masato TSUKADA et al., "Face Image Enhancement Based on 3D and Spectral Information", FIT2009 Dai 8 Kai Forum on Information Technology Koen Ronbunshu, separate vol. 3, 20 August 2009 (20.08.2009), pages 273 to 274	1-10
Y	Takahiro OKABE, Yoiichi SATO, "Separation of Reflection Components Based on Frequency Characteristics of Bidirectional Reflectance Distribution Functions", IPSJ SIG Notes, 12 September 2002 (12.09.2002), vol. 2002, no. 84, pages 1 to 8	1-10



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

"I" 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
03 August, 2011 (03.08.11)Date of mailing of the international search report
16 August, 2011 (16.08.11)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/003680

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2006- 004432 A (Mit sub i shi El ect r i c Re search Labo rato r i es, Inc.), 05 January 2006 (05.01.2006), paragraph [0038] 6 US 2005/ 0285860 A I	1~10
Y	wo 2009/ 104787 A I (NEC Corp .), 27 Augu st 2009 (27.08.2009), paragraph s [0042] to [0067], [0080] to [0125] ; fig . 2 to 6 & US 2010/ 0328740 A & CN 101953148 A	2, 4- 6, 8, 10
A	wo 2007/ 007788 A I (NEC Corp .), 18 January 2007 (18.01.2007), ent i re text ; all drawings & US 2009/ 0141976 A I & EP 1906674 A I & CN 101263721 A	1~10
A	Rui I SHI YAMA, Masato TSUKADA , "Specularity Removal for Enhanci ng Face Recogni ti on under Variabl e Pose and Illuminati on", FIT2009 Dai 8 Kai Forum on Informat ion Technol ogy Koen Ronbunshu , separate vol .3, 20 Augu st 2009 (20. 08.2009), page s 111 to 112	1~10
A	Mas ato TSUKADA, Yui chi OTA, "Col or Reproduct ion based on Memory Col or and I ts Appl i cati on for Image Qual ity Improvement ", The Journal of the Institute of Image Informati on and Tel evi sion Enginee rs, 01 March 2006 (01.03.2006), vol .60, no.3, page s 348 to 357	1~10

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

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 (I P C))

Int.Cl. G06T1/00, H04N1/46, H04N1/60, H04N9/64, H04N9/73

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	1 9 2 2 -
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 -
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2

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 (JDreaml I)

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
Y	塚田 正人、外 3 名 , " 3 次元および分光情報を用いた顔画像の高画質化" , F I T 2 0 0 9 第 8 回情報科学技術フォーラム 講演論文集 第 3 分冊 , 2009. 08. 20 , p. 273-274	1-10
Y	岡部 孝弘、佐藤 洋一 , " 双方向反射分布関数の周波数特性に基づく反射成分の分離" , 情報処理学会研究報告 , 2002. 09. 12 , Vol. 2002 , No. 84 , p. 1—8	1-10

☒ 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

- IA 「特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの」
- IE 「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」
- I 「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)」
- Iθ 「口頭による開示、使用、展示等に言及する文献」
- IP 「国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

- It 「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」
- I& 「同一パテントファミリー文献」

国際調査を完了した日

0 3 . 0 8 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

1 6 . 0 8 . 2 0 1 1

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 3 1

5 H

4 1 8 9

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
Y	JP 2006-004432 A (ミツビシ・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. 01. 05, 段落 【 0 3 8 】 & US 2005/0285860 AI	1-10
Y	wo 2009/104787 AI (日本電気株式会社) 2009. 08. 27, 段落 【 0 4 2 】 — 【 0 6 7 】 【 0 8 0 】 — 【 1 2 5 】 、図 2 — 6 & US 2010/0328740 A & CN 101953148 A	2, 4-6, 8, 10
A	wo 2007/007788 AI (日本電気株式会社) 2007. 01. 18, 全文、全図 & US 2009/0141976 AI & EP 1906674 AI & CN 101263721 A	1-10
A	石山 壘、塚田 正人, "鏡面反射除去による姿勢・照明変動下の顔照合の高精度化", FIT 2009 第8回情報科学技術フォーラム 講演論文集 第3分冊, 2009. 08. 20, p. 111-112	1-10
A	塚田 正人、大田 友一, "記憶色に基づく色再現とその高画質化応用", 映像情報メディア学会誌, 2006. 03. 01, Vol. 60, No. 3, p. 348-357	1-10