

(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
2009年8月13日(13.08.2009)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2009/098968 A1

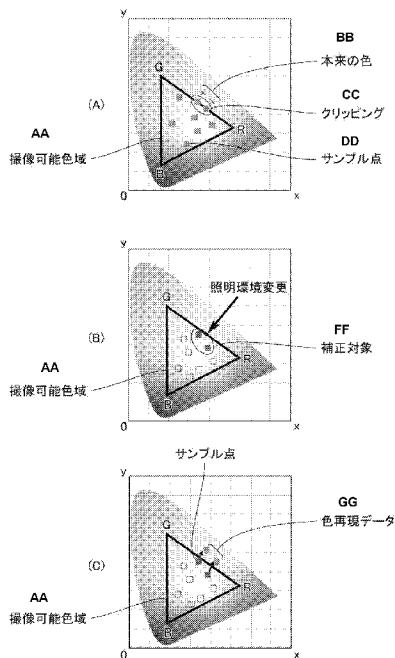
- (51) 国際特許分類:
G01J 3/46 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/051245
- (22) 国際出願日: 2009年1月27日(27.01.2009)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2008-027614 2008年2月7日(07.02.2008) JP
特願 2008-027615 2008年2月7日(07.02.2008) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): シャープ株式会社 (SHARP KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒5458522 大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 杉山 晃一 (SUGIYAMA, Koichi), 佐竹 祐典 (SATAKE, Yuh-suke), 打田 英夫 (UCHIDA, Hideo), 飯田 将人 (IIDA, Masato).
- (74) 代理人: 深見 久郎, 外 (FUKAMI, Hisao et al.); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島二丁目2番7号 中之島セントラルタワー2階 深見特許事務所 Osaka (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, 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, 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, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, 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,

[続葉有]

(54) Title: IMAGING METHOD AND IMAGING SYSTEM

(54) 発明の名称: 撮像方法および撮像システム

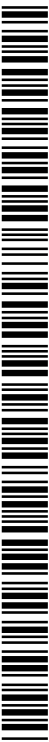
[図2]



AA IMAGING-ENABLED COLOR REGION
 BB ORIGINAL COLOR
 CC CLIPPING
 DD SAMPLE POINT
 EE ILLUMINATION ENVIRONMENT MODIFICATION
 FF CORRECTION OBJECTS
 GG COLOR REPRODUCTION DATA

(57) Abstract: When a bluish illumination light is applied to an object (OBJ), each of sample points is shifted in the blue direction as a whole on the xy chromaticity coordinate system (lower left direction on the xy chromaticity coordinate system). That is, by changing an illumination environment, the sample point which has existed out of the color region (a point of yellow color of relatively high purity) is shifted to a yellow color of a lower purity and the point is contained in the color region which can be captured by an imaging device. As a result, all the colors of the object (OBJ) can be captured in the color region which can be captured by the imaging device. This enables accurate estimation of the spectral reflectance of the object (OBJ) and reproduction of the color out of the color region.

(57) 要約: 被写体 (OBJ) により青味の強い照明光を照射すると、各サンプル点は、x y 色度座標において全体的に青の方向 (x y 色度座標上で左下方向) にシフトする。すなわち、照明環境を変えることで、色域外に存在していたサンプル点 (相対的に純度の高い黄色であった点) をより純度の低い黄色にシフトするので、撮像装置で撮像可能な色域内に納まるようになる。その結果、被写体 (OBJ) の色全体を撮像装置の撮像可能な色域内において撮像できるので、被写体 (OBJ) の分光反射率を正確に推定した上で、色域外の色を再現することができる。



WO 2009/098968 A1

NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (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))
- 補正された請求の範囲 (条約第 19 条(1))

明 細 書

撮像方法および撮像システム

技術分野

[0001] 本発明は、被写体の分光反射率を考慮した撮像方法および撮像システムに関し、特に撮像装置における撮像可能な色域を考慮して撮像を行なう技術に関するものである。

背景技術

[0002] 近年、様々な環境下において撮像された被写体の色を、表示装置や印刷装置などの出力装置において、正確に再現するための技術が提案されている。

[0003] 代表的な技術として、被写体の分光反射率に基づくカラーマネジメント技術が知られている。この技術は、被写体の色をスペクトルとして扱うことで実現され、被写体における照明環境に影響を受けることなく正確な色再現が可能となる。このような被写体の分光反射率に基づいた色再現については、“三宅洋一編、「分光画像処理入門」、財団法人東京大学出版会、2006年2月24日”にその原理的な処理が開示されている。

[0004] ところで、被写体の分光反射率は、ある照明環境下で分光測色器などを用いて測定するのが一般的である。これは、被写体を撮像装置で撮像する場合には、被写体から光が放射（すなわち、被写体で照明光が反射）されている必要があり、全く照明光が照射されていない状態では被写体の色を判断することができないからである。また、撮像装置で撮像された撮像データから被写体の分光反射率を推定する場合には、当該撮像時に被写体に照射されていた照明環境を正確に特定する必要がある。

[0005] 特開2000-046648号公報（特許文献1）には、被写体の分光反射率を推定するとともに、照明光を変更した場合のシミュレーション画像を生成する構成が開示されている。

特許文献1：特開2000-046648号公報

非特許文献1：三宅洋一編、「分光画像処理入門」、財団法人東京大学出版会、2006年2月24日

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0006] ところで、一般的な撮像装置は、光の三原色に基づくR(赤), G(緑), B(青)といった分光感度が互いに異なる複数の撮像素子(代表的に、CCD(Charge Coupled Device)やCMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)イメージセンサ)で構成される。このような撮像装置で撮像可能な色域は、搭載されている各撮像素子の分光感度やダイナミックレンジなどによって定まる。このような撮像装置を用いて、色域外にある色を撮像した場合、最も近い色域内の色として誤検出(クリッピング)されることになる。
- [0007] このように撮像装置から、誤検出された撮像データが出力される場合には、正確に被写体の色再現を行なうことができない。したがって従来の方法では、撮像装置で撮像可能な色域を外れる色を有する被写体については、正確に色再現できないという問題があった。
- [0008] そこで、この発明は、かかる課題を解決するためになされたものであり、その目的は、撮像装置の色域を外れる場合であっても、被写体の色を正確に再現可能な撮像方法および撮像システムを提供することである。

課題を解決するための手段

- [0009] この発明のある局面に従う撮像方法は、撮像装置を用いて、特定の波長特性をもつ照明光が照射される被写体を撮像することで、第1撮像データを取得するステップと、第1撮像データに対して、照明光の波長特性を用いて被写体の色を推定した色情報を生成するステップと、色情報に基づいて被写体を撮像したデータを再生成するステップとを含む。
- [0010] 好ましくは、色情報を生成するステップは、照明光の分光放射輝度を第1分光放射輝度として取得するステップと、第1分光放射輝度および第1撮像データを用いて被写体の分光反射率を推定した上で、分光反射率および第1分光放射輝度を用いて被写体の色を示す第1色空間上の第1色データを生成するステップと、1色データが装置で撮像可能な色域内に存在していたか否かを評価するステップと、1色データが可能な色域内に存在していなかったと評価された場合に、特定の主波長をもつ照

明光を被写体に向けて照射するステップと、照明光の照射中に被写体を再度撮影し、第2撮像データを取得するステップと、照明光の照射中に被写体に照射される光の分光放射輝度を第2分光放射輝度として取得するステップとを含む。再生成するステップは、第2分光放射輝度および第2撮像データを用いて被写体の分光反射率を推定した上で、および第1分光放射輝度を用いて被写体の色を示す第1色空間上の第1色データを再生成するステップを含む。

[0011] さらに好ましくは、評価するステップは、第1色データが第1色空間上のいずれの位置で色域外になっているかに基づいて、1色データが可能な色域内に納まるように照明光を決定するステップを含む。

[0012] 好ましくは、1色データを第2色空間上の第2色データに変換して画像データとして出力するステップをさらに含む。

[0013] さらに好ましくは、第1色空間はXYZ表色系であり、第2色空間はRGB表色系である。

[0014] この発明の別の局面に従う撮像システムは、撮像素子の各出力値からなる撮像データを出力する撮像装置と、被写体に向けて主波長が互いに異なる複数の照明光を選択的に照射可能な照明装置と、被写体に照射される光の分光放射輝度を取得する分光放射輝度取得部と、分光放射輝度およびデータを用いて被写体の分光反射率を推定した上で、分光反射率を用いて被写体の色を示す第1色空間上の第1色データを生成する第1色変換部と、1色データが装置で撮像可能な色域内に存在していたか否かを評価する評価部とを含む。評価部は、1色データが可能な色域内に存在していなかったと評価された場合に、照明装置から特定の照明光を被写体に向けて照射させる。

[0015] 好ましくは、評価部は、1色データが第1色空間上のいずれの位置で色域外になっているかを評価し、当該位置に応じて1色データが可能な色域内に納まるように、特定の照明光を選択する。

[0016] 好ましくは、第1色変換部は、被写体の撮像時に適用すべき第1照明環境が評価部によって第2照明環境に切換えられた場合に、第2照明環境において取得される分光放射輝度を用いて分光反射率を推定し、さらに分光反射率および第1照明環境

において取得された分光放射輝度を用いて第1色データを生成する。

- [0017] 好ましくは、第1色変換部で変換後の第1色データを第2色空間上の第2色データに変換して画像データとして出力する第2色変換部をさらに含む。
- [0018] さらに好ましくは、第1色空間はXYZ表色系であり、第2色空間はRGB表色系である。
- [0019] この発明のさらに別の局面に従う撮像方法は、撮像装置を用いて、第1照明環境下において被写体を撮像することで、第1撮像データを取得するステップと、第1照明環境下において被写体に照射される光の分光放射輝度である第1分光放射輝度を取得するステップと、第1撮像データと第1分光放射輝度とを用いて被写体の分光反射率を推定した上で、当該分光反射率と第1分光放射輝度とを用いて被写体の色を示す第1色空間上の第1色データを生成するステップと、撮像装置を用いて、第2照明環境下において被写体を撮像することで、第2撮像データを取得するステップと、第2照明環境下において被写体に照射される光の分光放射輝度である第2分光放射輝度を取得するステップと、第2撮像データと第1分光放射輝度とを用いて、被写体の分光反射率を推定した上で、当該分光反射率と第1分光放射輝度とを用いて被写体の色を示す第1色空間上の第2色データを生成するステップと、第1撮像データに対応する第1色データと、第1色データを除いた残余の画素に対応する第2色データとに基づいて合成画像データを生成するステップとを含む。
- [0020] 好ましくは、第2色データを生成するステップは、残余の画素についてのみ第2色データを生成するステップを含む。
- [0021] 好ましくは、撮像方法は、各画素についての第1色データが撮像装置で撮像可能な色域内に存在するか否かを評価するステップをさらに含む。評価するステップは、撮像装置で撮像可能な色域内に存在する第1色データに対応する画素を第1群の画素に分類するとともに、撮像装置で撮像可能な色域内に存在しない第1色データに対応する画素を第2群の画素に分類するステップを含む。
- [0022] さらに好ましくは、評価するステップは、第1色データのうち撮像装置で撮像可能な色域外に存在するものがある場合に、被写体に向けて主波長が互いに異なる複数の照明光を選択的に照射可能な照明装置から特定の照明光を被写体に向けて照射

することで、第2照明環境を形成するステップを含む。

[0023] さらに好ましくは、評価するステップは、撮像装置で撮像可能な色域外に存在する第1色データに対応する画素の色が撮像装置で撮像可能な色域内に納まるように、特定の照明光を選択するステップを含む。

[0024] さらに好ましくは、照明光を選択するステップは、撮像装置で撮像可能な色域外に存在する第1色データが第1色空間上のいずれの位置で色域外になっているかを評価することで、当該位置に応じて特定の照明光を選択するステップを含む。

[0025] 好ましくは、第1色空間上の合成画像データを第2色空間上の画像データに変換するステップをさらに含む。

[0026] 好ましくは、第1色空間はXYZ表色系であり、第2色空間はRGB表色系である。

この発明の別の局面に従う撮像方法は、撮像装置を用いて被写体を撮像することで、第1撮像データを取得するステップと、第1撮影データに含まれる第1色データが撮像装置で撮像可能な色域内の色データであるか否かを評価するステップと、第1色データが撮像可能な色域内の色データではないと評価された場合に、特定の波長をもつ照明光を被写体に向けて照射するステップと、照明光の照射中に被写体を再度撮影し、第2撮像データを取得するステップと、第1撮影データの色域内の色データではないと評価された色データに対応する、第2撮影データの第2色データに対し、照明光の特定の波長特性を用いて被写体の色を推定することで、第3色データを生成するステップと、第1撮影データに含まれる撮像可能な色域内の色データではないと評価された第1色データに対応する第3色データに置換することで、合成画像データを生成するステップとを含む。

[0027] この発明のさらに別の局面に従う撮像装置は、被写体に応じた各画素における複数の撮像素子の出力値からなる撮像データを出力する撮像装置と、被写体に照射される光の分光放射輝度を取得する分光放射輝度取得部と、被写体を第1照明環境下において撮像した第1撮像データと第1照明環境下における第1分光放射輝度とを用いて各画素における被写体の分光反射率を推定した上で、当該分光反射率と第1分光放射輝度とを用いて被写体の色を示す第1色空間上の第1色データを各画素について生成する第1色変換部と、被写体を第2照明環境下において撮像した第

2撮像データと第2照明環境下における第2分光放射輝度とを用いて各画素における被写体の分光反射率を推定した上で、当該分光反射率と第1分光放射輝度とを用いて被写体の色を示す第1色空間上の第2色データを各画素について生成する第2色変換部と、撮像装置に含まれる複数の画素のうち第1群の画素に対応する第1色データと、第1群の画素を除いた残余の第2群の画素に対応する第2色データとに基づいて合成画像データを生成する合成部とを含む。

[0028] 好ましくは、第2色変換部は、第2群に分類される画素についてのみ第2色データを生成する。

[0029] 好ましくは、撮像装置は、各画素についての第1色データが撮像装置で撮像可能な色域内に存在するか否かを評価する評価部をさらに含む。評価部は、撮像装置で撮像可能な色域内に存在する第1色データに対応する画素を第1群の画素に分類するとともに、撮像装置で撮像可能な色域内に存在しない第1色データに対応する画素を第2群の画素に分類する。

[0030] さらに好ましくは、撮像装置は、被写体に向けて主波長が互いに異なる複数の照明光を選択的に照射可能な照明装置をさらに含む。評価部は、第1色データのうち撮像装置で撮像可能な色域外に存在するものがある場合に、照明装置から特定の照明光を被写体に向けて照射させて第2照明環境を形成する。

[0031] さらに好ましくは、評価部は、撮像装置で撮像可能な色域外に存在する第1色データに対応する画素の色が撮像装置で撮像可能な色域内に納まるように、特定の照明光を選択する。

[0032] さらに好ましくは、評価部は、撮像装置で撮像可能な色域外に存在する第1色データが第1色空間上のいずれの位置で色域外になっているかを評価し、当該位置に応じて特定の照明光を選択する。

[0033] 好ましくは、撮像装置は、第1色空間上の合成画像データを第2色空間上の画像データに変換する第3色変換部をさらに含む。

[0034] 好ましくは、第1色空間はXYZ表色系であり、第2色空間はRGB表色系である。

発明の効果

[0035] この発明によれば、撮像装置の色域を外れる場合であっても、被写体の色を正確

に再現できる。

図面の簡単な説明

- [0036] [図1]この発明の第1の実施の形態に従う撮像システムの概略構成図である。
- [図2]図1に示す評価部における色域評価処理の概略を説明するための図である。
- [図3]図1に示す評価部における照明光の切換処理の概略を説明するための図である。
- [図4]この発明の第1の実施の形態に従う撮像システムにおける全体処理手順を示すフローチャートである。
- [図5]図4に示す色域評価処理サブルーチン(1)の内容を示すフローチャートである。
- [図6]図4に示す照明環境切換サブルーチンの内容を示すフローチャートである。
- [図7]この発明の第2の実施の形態に従う撮像システムの概略構成図である。
- [図8]この発明の第2の実施の形態に従う画像合成処理の概略を説明するための図である。
- [図9]図7に示すフラグテーブルに格納されるデータ構造を説明するための図である。
- [図10]図7に示すフラグテーブルの別形態を示す図である。
- [図11]この発明の第2の実施の形態に従う撮像システムにおける全体処理手順を示すフローチャートである。
- [図12]図11に示す色域評価処理サブルーチン(2)の内容を示すフローチャートである。
- [図13]この発明の実施の形態の変形例に従う画像処理装置を実現するコンピュータの概略構成図である。

符号の説明

- [0037] 1 撮像システム、100, 100A, 100# 画像処理装置、102 線形補正部、102a, 122a ルックアップテーブル(LUT)、104 第1色変換部、106 第2色変換部、104a, 106a, 130 分光反射率推定部、104b, 106b 色再現部、110, 120 座標変換部、112 評価部、114 評価テーブル、116 合成部、118 フラグテーブル、

122 ガンマ補正部、132 一次記憶部、134 色変換部、150 コンピュータ本体、152 モニタ、154 キーボード、156 マウス、162 メモリ、164 固定ディスク、166 FD駆動装置、168 CD-ROM駆動装置、170 通信インターフェース、200 撮像装置、300 分光放射輝度計、400 照明装置、402 フィルタホイール、404 波長フィルタ、406 モータ、408 光源、OBJ 被写体。

発明を実施するための最良の形態

[0038] この発明の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、図中の同一または相当部分については、同一符号を付してその説明は繰返さない。

[0039] [第1の実施の形態]

<全体構成>

図1は、この発明の第1の実施の形態に従う撮像システム1の概略構成図である。

[0040] 図1を参照して、撮像システム1は、被写体OBJを撮像し、この撮像した撮像データに所定の画像処理(主として、色再現処理)を行なった上で画像データ(以下「色再現データ」という。)を出力する。より具体的には、撮像システム1は、画像処理装置100と、撮像装置200と、分光放射輝度計300と、照明装置400とを含む。なお、画像処理装置100から出力される色再現データは、代表的に表示装置(ディスプレイ)や印刷装置(プリンタ)などの図示しない出力装置へ出力される。あるいは、図示しない記憶装置などに格納されるように構成してもよい。

[0041] 撮像装置200は、被写体OBJを撮像し、この被写体OBJに応じた撮像データを出力する。代表的に、撮像装置200は、CCDやCMOSイメージなどの撮像素子で構成されており、行列状に形成される各画素の位置に対応した撮像データを出力する。より具体的には、各画素に対応付けて、分光感度が互いに異なる複数の撮像素子が配置されており、各画素に対応付けられた複数の撮像素子の各検出値(輝度値)を含む撮像データが出力される。このように各画素に対応付けられた分光感度が互いに異なる撮像素子の数は、バンド数とも称される。本実施の形態では、代表的に、それぞれの分光感度が主としてR(赤)、G(緑)、B(青)である3バンドの撮像装置200を用いる場合について説明する。なお、原理的には、カラー画像を撮像するためには、3バンド以上であればよく、後述する色域を大きくするためには、バンド数は多い

方が好ましい。

[0042] 上述のように、撮像装置200が出力する撮像データは、R、G、Bの各輝度値(代表的に、それぞれが12ビット:0~4095階調)の3次元の色情報となる。すなわち、撮像装置200が出力する撮像データは、RGB表色系として規定される。以下、撮像装置200における各画素に対応する撮像素子の番号(バンド番号)を i ($i=1, 2, 3$)とし、画素の二次元座標を (m, n) とし、撮像装置200から出力される画像データを $g_i(m, n)$ と表わす。すなわち、

$g_1(m, n)$ = 座標 (m, n) におけるRの撮像素子で検出された輝度値

$g_2(m, n)$ = 座標 (m, n) におけるGの撮像素子で検出された輝度値

$g_3(m, n)$ = 座標 (m, n) におけるBの撮像素子で検出された輝度値

となる。以下の説明では、撮像装置200で撮像された撮像データを総称して「撮像データ g 」とも記す。

[0043] なお、撮像装置200は、動画カメラであってもよいし、静止画カメラであってもよい。すなわち、撮像装置200が動画カメラである場合には、被写体OBJの撮像および撮像データ g の出力が所定周期(代表的に、1/30秒)で繰返され、撮像装置200が静止画カメラである場合には、ユーザなどの操作に応じて撮像および撮像データ g の出力がイベント的に実行される。また、撮像装置200は、単板のカメラであってもよいし、三板のカメラであってもよい。

[0044] 照明装置400は、撮像装置200による被写体OBJの撮像に際して、被写体OBJに対して照明光を照射する。特に、本実施の形態に従う照明装置400は、画像処理装置100からの指令に応じて、被写体OBJに向けて、主波長が互いに異なる複数の照明光を選択的に照射可能に構成される。すなわち、後述するように、被写体OBJを所定の照明環境で撮像した結果、撮像装置200で撮像可能な色域外に被写体OBJの撮像データが存在すると評価された場合には、被写体OBJの撮像データが撮像装置200で撮像可能な色域内に納まるように、照明装置400から被写体OBJに照射される光が切換えられる。

[0045] 具体的には、照明装置400は、フィルタホイール402と、フィルタホイール402を回転駆動するモータ406と、光源408とを含む。フィルタホイール402には、所定の波

長成分を透過させる複数の波長フィルタ(色フィルタ)404が装着されている。そして、画像処理装置100からの指令に応じて、モータ406がフィルタホイール402を回転駆動することで、特定の波長フィルタ404が光源408の光軸上にセットされる。光源408としては、代表的にハロゲンランプもしくはキセノンランプといった演色性の高い光源(標準光源)が用いられる。その結果、光源408から照射される波長成分のうち、選択された波長フィルタ404に対応する主波長の光が被写体OBJに照射されることになる。

[0046] 後述するように、画像処理装置100では、被写体OBJの撮像データが撮像装置200で撮像可能な色域外に存在する場合に、色空間上のいずれの位置で色域外になっているかを評価し、その評価結果(座標位置)に基づいて、照明装置400から被写体OBJへ照射する光を切替える。ここで、撮像装置200で撮像可能な色域は、撮像装置200を構成する撮像素子の分光感度に応じて定まるので、フィルタホイール402に装着する波長フィルタ(色フィルタ)404の特性は、この撮像素子の分光感度に応じて決定することが好ましい。一例として、本実施の形態に従う照明装置400は、主波長として、それぞれR(赤)、G(緑)、B(青)の3つの波長フィルタ404を含む。すなわち、照明装置400は、赤味を帯びた照明光、緑味を帯びた照明光、青味を帯びた照明光を切替えて照射可能に構成される。なお、照明装置400からは、このような波長フィルタ404を通過させることなく、標準の照明光として、光源408が発生する光をそのまま照射できるようにしてもよい。

[0047] また、上述の波長フィルタ404に代えて、あるいは波長フィルタ404とともに、色温度変換フィルタを用いることでも主波長が互いに異なる複数の照明光を選択的に照射できる。

[0048] さらに、上述のように波長フィルタ404を用いる構成に代えて、主発光ピークがそれぞれR(赤)、G(緑)、B(青)である複数の光源を配置し、これらの光源を選択的に点灯するようにしてもよい。

[0049] 分光放射輝度計300は、被写体OBJに照射される照明光の分光放射輝度(あるいは、分光放射照度)を測定し、その測定結果を画像処理装置100へ出力する。これは、撮像装置200で撮像される被写体OBJの撮像データは、被写体OBJに照射され

る照明光が被写体OBJの分光反射率に応じて反射される結果生じるものであり、この被写体OBJの分光反射率を推定してカラーマネジメントを行なうためには、被写体OBJに照射される照明光の分光放射輝度が必要となるからである。

[0050] なお、分光放射輝度は、単位投影面積当たり、かつ単位立体角当たりにおける、照明光の波長毎のエネルギー量を意味する。代替的に、単位面積当たりにおける照明光の波長毎のエネルギー量である分光放射照度を用いてもよい。

[0051] 本実施の形態に従う撮像システム1では、被写体OBJを撮像装置200を用いて撮像するので、実際に照明光の分光放射輝度を測定する場合には、分光放射輝度計300の配置位置などに工夫を要する。すなわち、分光放射輝度計300は、被写体OBJに照射される照明光と実質的に同じ照明光を受光部で受光することで分光放射輝度を測定する。ここで、分光放射輝度計300自体が撮像されると好ましくない場合も多いと想定されるので、分光放射輝度計300は、撮像装置200の撮像範囲外であって、被写体OBJの照明環境と同一の照明環境とみなせる位置に配置することが好ましい。このような配置は、撮像装置200の撮像範囲に比較して、照明装置400の照明光の照射範囲を広くすることでより容易に実現できる。

[0052] 分光放射輝度計300を被写体OBJに近接した位置に配置できない場合には、被写体OBJに照射される照明光と実質的に同じ照明光が照射される位置に既知の分光反射率をもつ標準白色板を配置し、この標準白色板で反射される光を分光放射輝度計300の受光部で受光するようにしてよい。

[0053] 分光放射輝度計300は、その受光部として、回折格子およびフォトダイオードアレイなどを含み、フォトダイオードアレイからは、波長毎に放射輝度を示す信号が出力される。受光部には、さらに、分光透過率が既知である乳白色の拡散板(コサインコレクタ、コサインディフューザ、コサインレセプタとも称される)を装着することにより、回折格子に入射する光の空間的な明るさのムラ(濃淡)を低減するとともに、分光放射照度の測定が可能となる。

[0054] 本実施の形態では、分光放射輝度として、所定の波長幅(代表的に、1ナノメートル)でサンプリングした離散値を用いるものとする。したがって、分光放射輝度計300が可視光領域(380~780ナノメートル)を検出範囲とする場合には、分光放射輝度

計300が出力する分光放射輝度 E は、波長 $\lambda = 380, 381, \dots, 780$ の計401個の輝度値を含む401次元のデータとなる。

[0055] <画像処理装置の機能構成>

次に、画像処理装置100の機能構成について説明する。画像処理装置100は、分光放射輝度計300で測定された分光放射輝度を用いて被写体OBJの分光反射率を推定し、この推定した分光反射率を用いて、RGB色空間上に規定される画像データ $g_i(m, n)$ をXYZ表色系の画像データ $g'_{XYZ}(m, n)$ に変換し、各画像データ $g'_{XYZ}(m, n)$ が撮像装置200で撮像可能な色域内に存在しているか否かを判断する。そして、撮像装置200で撮像可能な色域外にいずれかの画像データ $g'_{XYZ}(m, n)$ が存在していれば、照明装置400に指令を与えて、被写体OBJに対する照明環境を切替える。そして、適切な照明環境下で撮像された撮像データ g に基づいて、RGB表色系の色再現データを生成して出力する。

[0056] 具体的には、画像処理装置100は、線形補正部102と、分光反射率推定部130と、色変換部134と、座標変換部110および120と、ガンマ補正部122と、評価部112と、評価テーブル114と、一次記憶部132とを含む。

[0057] 線形補正部102は、撮像装置200から出力される画像データ g を線形化するための部位である。一般的に、表示装置では、入力信号レベルと実際に表示される輝度レベルとの間には非線形な関係を有しており、このような非線形性はガンマ特性と称される。このような表示装置における非線形性を打ち消して、人間の視覚に適応した画像が表示装置において表示されるように、撮像装置200からは、表示装置のガンマ特性と逆の非線形性をもつような画像データ g が出力されることが多い。このように、画像データ g の信号レベルと各撮像素子で検出された輝度レベルとの間が非線形である場合には、後述する画像処理を正確に実行することができないので、線形補正部102がこの画像データ g を線形化する。

[0058] 一般的にガンマ特性および逆ガンマ特性はべき乗の関数として表わすことができるので、線形補正部102は、撮像装置200における逆ガンマ値を γ_c とすると、以下のような演算式に従って、画像データ $g_i(m, n)$ を線形化された線形画像データ $g_c(m, n)$ に変換する。

[0059]
$$gc_i(m, n) = g_i(m, n)^{1/\gamma_c}$$

ここで、逆ガンマ値 γ_c は、表示装置のガンマ値 γ_d の逆数に相当する値に設定される。一例として、表示装置のガンマ値 $\gamma_d = 2.2$ であれば、撮像装置200の逆ガンマ値 $\gamma_c = 1/\gamma_d = 1/2.2 \approx 0.45$ となる。

[0060] なお、撮像装置200から1回の撮像によって出力される画像データgは、撮像装置200の画素数だけ存在するため、たとえば撮像装置200の画素が1920×1080である場合には、画像データgの数は2073600個となる。そのため、上述のような変換式をそのまま実行すると膨大な演算量になってしまう。画像処理装置100の演算処理能力が十分に高い場合には、演算を直接実行してもよいが、演算処理能力に制限がある場合には、ルックアップテーブル(LUT:Look-Up Table)を用いることが有効である。

[0061] 本実施の形態に従う線形補正部102は、ルックアップテーブル102aを予め格納しており、このルックアップテーブル102aを参照することで、線形化処理を行なう。ルックアップテーブル102aは、入力される画像データgが取り得るすべての信号レベルの各々に対応付けて、上述の変換式の結果を予め格納したデータテーブルである。実際の線形化演算では、ルックアップテーブル102aを参照して、入力された画像データgの信号レベルに対応した変換値を取得すればよいので、演算量を大幅に低減できる。

[0062] なお、ルックアップテーブル102aの内容は、逆ガンマ値 γ_c によって異なったものとなるので、逆ガンマ値 γ_c が変更された場合には、ルックアップテーブル102aの内容も変更する必要がある。

[0063] なお、撮像装置200から出力される画像データgが線形、すなわち逆ガンマ値 $\gamma_c = 1$ の場合には、線形補正部102を設ける必要はない。

[0064] <色再現処理>

次に、第1色変換部104および第2色変換部106によって実行される色再現処理の内容について説明する。以下では、線形画像データ $gc_i^{(1)}(m, n)$ および $gc_i^{(2)}(m, n)$ を「線形画像データgc」とも総称する。

[0065] 撮像装置200の2次元座標 (m, n) の画素に入射する被写体OBJからの光(スペク

トル)は、被写体OBJに照射される照明光の分光放射輝度 $E(\lambda)$ と、被写体OBJの当該画素に対応する位置の分光反射率 $f(m, n; \lambda)$ との積に相当する。そして、各画素に入射した光に応じて対応の撮像素子から出力される線形画像データ gc は、これらの各撮像素子の分光感度である $S_i(\lambda)$ をさらに乗じた上で、波長領域にわたって光エネルギーを積分したものに相当する。このような関係は、(1)式に示す関係式として表わすことができる。

[0066] [数1]

$$gc_i(m, n) = \int_{380}^{780} S_i(\lambda) E(\lambda) f(m, n; \lambda) d\lambda + n_i(m, n) \quad \dots (1)$$

[0067] ここで、 $n_i(m, n)$ は、各撮像素子に現れる白色ノイズなどによって生じる加法性ノイズであり、撮像装置200の撮像素子やレンズの特性、および周辺環境などに依存する値である。

[0068] 上述したように、本実施の形態では、所定の波長幅(代表的に、1ナノメートル幅)でサンプリングした分光放射輝度 $E(\lambda)$ を用いるので、(1)式の右辺第1項の積分式を所定の波長幅でサンプリングして得られた離散値の積和演算によって算出する。すなわち、(1)式の右辺第1項の積分式を、各撮像素子の各波長における分光感度を示す行列 S と、各波長における分光放射輝度を示す行列 E と、各波長における分光反射率を示す行列 $f(m, n)$ との行列演算により実現する。

[0069] 代表的に、可視光領域(380~780ナノメートル)を1ナノメートル幅でサンプリングした場合には、行列 S は、401行×3列の行列となり、行列 E は、401行×1列の行列となり、行列 $f(m, n)$ は、1行×401列の行列となる。

[0070] ここで、加法性ノイズ $n_i(m, n)$ は、一般的に十分に小さな値であるので、(1)式から無視した上で、被写体OBJの分光反射率 $f(m, n)$ を算出することを考える。具体的には、線形画像データ gc を用いて、以下の(2)式に従って被写体OBJの分光反射率 $f(m, n)$ を算出する。

$$f(m, n) = W \cdot gc(m, n) \quad \dots (2)$$

(2)式において、 W は分光反射率推定行列である。分光反射率推定行列 W は、以下に説明するウィナー推定の手法によって算出される。具体的には、分光反射率推定

行列Wは、システム行列Hを以下に示す(3)式と定めた上で、(1)式を変形することで(4)式のように導出される。

$$[0072] \quad H = S \cdot E \quad \dots (3)$$

$$W = A \cdot H^t \cdot (H \cdot A \cdot H^t)^{-1} \quad \dots (4)$$

但し、 H^t は、システム行列Hの転置行列である。

[0073] (4)式において、Aは、自己相関行列であり、被写体OBJの分光反射率を推定するための基準となるべきものである。自己相関行列Aは、被写体OBJと同等と考えられる分光反射率の統計データを用いて予め決定することができる。一例として、ISO (International Organization for Standardization)において標準化されている分光反射率のデータベースであるSOCS (Standard Object Color Sample)を参照して、自己相関行列Aを決定することができる。あるいは、被写体OBJの材質などが予め分っている場合には、被写体OBJ自身の分光反射率を別の方法によって予め測定しておき、自己相関行列Aを決定してもよい。上述したように、可視光領域(380~780ナノメートル)を1ナノメートル幅でサンプリングした場合には、自己相関行列Aは、401行×1列の行列となる。また、ウィナー推定の詳細については、上述の“三宅洋一編、「分光画像処理入門」、財団法人東京大学出版会、2006年2月24日”に詳しいので、こちらを参照されたい。

[0074] なお、上述のようなウィナー推定の手法に代えて、主成分分析の手法を用いてもよい。

以上のように、(3)式および(4)式に従って、分光反射率推定行列Wを算出した上で、(2)式に従って、線形画像データ g_c から被写体OBJの分光反射率を示す行列 $f(m, n)$ を算出できる。行列 $f(m, n)$ が被写体OBJの色の本質であり、この行列 $f(m, n)$ を用いることで、被写体OBJがどのような照明環境下で観測されたものであっても、その色再現を行なうことができる。

[0075] 次に、本実施の形態に従う画像処理装置100は、任意の照明環境において観測した場合の被写体OBJの色再現データ g_d を生成することができる。より具体的には、任意の分光放射輝度 $E(\lambda)$ の条件下で、分光反射率 $f(m, n; \lambda)$ の被写体を観測した場合のXYZ表色系の三刺激値X, Y, Zは、以下に示す(5)式のようになる。

[0076] [数2]

$$\begin{aligned} X &= \int_{380}^{780} h_1(\lambda) E(\lambda) f(m, n; \lambda) d\lambda \\ Y &= \int_{380}^{780} h_2(\lambda) E(\lambda) f(m, n; \lambda) d\lambda \quad \dots (5) \\ Z &= \int_{380}^{780} h_3(\lambda) E(\lambda) f(m, n; \lambda) d\lambda \end{aligned}$$

[0077] (5)式において、 $h_i(\lambda)$ ($i=1, 2, 3$)は等色関数であり、人間の視覚感度特性に相当する関数である。この等色関数 $h_i(\lambda)$ は国際照明委員会(CIE)によって規定されている。以下、(5)式によって算出される三刺激値 X, Y, Z を含む3次元データを画像データ $g'_{XYZ}(m, n)$ として表わす。

[0078] 上述した分光反射率の算出過程と同様に、所定の波長幅(代表的に、1ナノメートル)でサンプリングして得られた離散値の積和演算によって算出する。すなわち、(5)式の各積分式を、各波長における等色関数の値を示す行列 h と、各波長における分光放射輝度を示す行列 E と、各波長における分光反射率を示す行列 $f(m, n)$ (= $W \cdot gc(m, n)$)との行列演算により実現する。代表的に、可視光領域(380~780ナノメートル)を1ナノメートル幅でサンプリングした場合には、行列 h は、401行×3列の行列となり、行列 E は、401行×1列の行列となり、行列 $f(m, n)$ は、1行×401列の行列となる。

[0079] したがって、任意の照明環境(分光放射輝度 E)において観測される被写体OBJの色を示す画像データ $g'_{XYZ}(m, n)$ は、(6)式のようになる。

$$[0080] \quad g'_{XYZ}(m, n) = h \cdot E \cdot f(m, n) = h \cdot E \cdot W \cdot gc(m, n) \quad \dots (6)$$

ここで、(6)式で用いられる分光放射輝度を示す行列 E は、任意の値に設定することができる。これは、ある照明環境下で被写体OBJを撮像した画像データ g に基づいて、異なる任意の照明環境に設定した場合に観察されるであろう当該被写体OBJの色を再現できることを意味する。したがって、ある特定の照明環境下で観察されるであろう被写体OBJの色を再現するにあたって、必ずしもその特定の照明環境下で被写体OBJを撮像する必要はなく、それとは別の照明環境下で撮像した画像データ g を用いてもよいことを意味する。言い換えれば、撮像装置200における撮像可能な色

域内に納まるように、被写体OBJを撮像さえできれば、任意の照明環境下で観測されるであろう色を正確に再現できる。そこで、本実施の形態に従う撮像システム1は、撮像装置200における撮像可能な色域内に納まるように被写体OBJを撮像することを目的とする。

[0081] 再度、図1を参照して、分光反射率推定部130は、分光放射輝度計300で測定された分光放射輝度Eと、予め格納された撮像装置200の撮像素子の各波長における分光感度を示す行列Sと、予め格納された自己相関行列Aとを用いて、上述(3)式および(4)式の行列演算を実行し、分光反射率推定行列Wを算出する。そして、分光反射率推定部130は、算出した分光反射率推定行列Wを色変換部134へ出力する。

[0082] なお、分光反射率推定部130が分光反射率推定行列Wを算出する周期は、撮像装置200における撮像周期と同一であることが望ましいが、分光放射輝度計300による分光放射輝度の測定周期が撮像周期より遅い場合には、分光放射輝度の測定周期で分光反射率推定行列Wを算出してもよい。あるいは、被写体OBJにおける照明環境がほとんど変化しない場合には、分光放射輝度計300から出力される分光放射輝度が変化した場合に限って、分光反射率推定行列Wを算出するようにしてもよい。

[0083] 色変換部134は、線形補正部102から出力された線形画像データ g_c と、分光反射率推定部130から出力された分光反射率推定行列Wと、分光放射輝度計300で測定された分光放射輝度Eと、予め格納された各波長における等色関数の値を示す行列hとを用いて、上述(6)式の行列演算を実行し、画像データ g'_{XYZ} を算出する。

[0084] 分光放射輝度計300と色変換部134との間には、一次記憶部132が配置されている。この一次記憶部132は、後述するように評価部112が照明装置400からの照明光を切替えた場合に、切替前の分光放射輝度を一次的に記憶しておき、この切替前の分光放射輝度を色変換部134へ出力するためのバッファとして機能する。一次記憶部132の詳細な動作については後述する。

[0085] 座標変換部120は、色変換部134で生成されたXYZ表色系の画像データ g'_{XYZ} をRGB表色系の画像データ g'_{RGB} に変換して、ガンマ補正部122へ出力する。すなわ

ち、座標変換部120は、画像データ g'_{RGB} を色空間の変換を行なった上で出力する。

[0086] ガンマ補正部122は、座標変換部120で変換されたRGB表色系の画像データ g'_{RGB} は、線形性を維持しているため、表示装置などに出力する場合には、表示装置のガンマ特性を考慮して、予め表示装置のガンマ特性を打ち消すための補正を行なう必要がある。すなわち、ガンマ補正部122は、線形補正部102における変換処理と逆の変換処理を行なう。より具体的には、ガンマ補正部122は、以下のような表示装置のガンマ値 γ_d を用いた演算式に従って、RGB表色系の画像データ $g'_{RGB}(m, n)$ を色再現データ $gd_{RGB}(m, n)$ に変換する。

$$[0087] \quad gd_{RGB}(m, n) = g'_{RGB}(m, n)^{\gamma_d}$$

ここで、表示装置のガンマ値 γ_d は、一例として「2. 2」などに設定される。

[0088] 本実施の形態に従うガンマ補正部122は、上述の線形補正部102と同様に、ルックアップテーブル(LUT)を用いて演算処理を実行する。より具体的には、ガンマ補正部122は、ルックアップテーブル122aを予め格納して、このルックアップテーブル122aを参照することで、ガンマ補正処理を行なう。ルックアップテーブル122aは、入力される画像データ g'_{RGB} が取り得るすべての信号レベルの各々に対応付けて、上述の変換式の結果を予め格納したデータテーブルである。実際の線形化演算では、ルックアップテーブル122aを参照して、入力された画像データ g'_{RGB} の信号レベルに対応した変換値を取得すればよいので、演算量を大幅に低減できる。

[0089] なお、ルックアップテーブル122aの内容は、ガンマ値 γ_d によって異なったものとなるので、ガンマ値 γ_d が変更された場合には、ルックアップテーブル122aの内容も変更する必要がある。

[0090] <色域評価処理>

評価部112は、上述のような色再現データ gd の生成過程において、撮像装置200で撮像された画像データ g が撮像装置200の撮像可能な色域内で撮像されたものであるか否かを評価する。そして、評価部112は、画像データ g が撮像可能な色域外の色を含むと評価された場合には、被写体OBJが発する色が撮像装置200の撮像可能な色域内に納まるように、照明装置400から特定の照明光を照射する。このような色域内であるか否かの評価は、XYZ表色系の色空間で行なう必要があるため、評価

部112は、色変換部134から出力される画像データ g'_{XYZ} に対して評価を行なう。

[0091] 図2は、図1に示す評価部112における色域評価処理の概略を説明するための図である。

[0092] 図2に示すように、XYZ表色系の三刺激値X, Y, Zは、(7)式および(8)式に示すような変換式によって得られる2つの変数xおよびyによって規定される二次元座標(以下「xy座標」とも称す。)として表わすことができる。

[0093]
$$x = X / (X + Y + Z) \quad \dots (7)$$

$$y = Y / (X + Y + Z) \quad \dots (8)$$

また、図2には、XYZ表色系における色度図を示す。この色度図では、中心が白色であり、その外周に向かうほど「純度」が高い色であることを意味する。また、略三角形の各頂点には、主としてB(青), G(緑), R(赤)が位置している。

[0094] 図2(A)に示すように、R, G, Bの3つの撮像素子からなる撮像装置200の撮像可能な色域は、xy座標において、各撮像素子で検出可能な色(純度)をそれぞれ頂点とする三角形となる。なお、撮像素子の数(バンド数)を増加させた場合には、当該バンド数と同数の多角形となる。

[0095] また、図2(A)には、第1照明環境下において撮像装置200の各画素で撮像された色をサンプル点として例示している。各サンプル点は、上述の色再現処理によって算出される各画素の画像データ $g'^{(1)}_{XYZ}$ をxy座標上にプロットしたものである。

[0096] 図2(A)に示すサンプル点のうち、2つのサンプル点の本来の色は、撮像可能な色域外に存在している場合を考える。この場合には、色域外のサンプル点の色は、撮像可能な色域に最も近い色域内の色として誤検出(クリッピング)される。すなわち、撮像可能な色域外に存在している色は、その純度を下げた別の色として検出されることになる。具体的には、図2(A)に示す2つのサンプル点の色は、本来、相対的に純度の高い黄色であったが、より赤味を帯びた色として検出されてしまう。

[0097] このように、撮像装置200において撮像データgの色情報が誤検出されてしまうと、上述の色再現処理において分光反射率を正確に算出することができない。その結果、正確に色再現を行なうことができない。

[0098] ここで、被写体OBJから発する光(色)は、照明環境に応じて変化するので、照明環

境を適切に切換えることで、撮像可能な色域外に存在しているサンプル点を撮像可能な色域内に納めることができる。

[0099] 図2(B)は、図2(A)と同様の被写体OBJをより青味の強い照明環境で撮像した場合のサンプル点を示す図である。図2(B)に示すように、被写体OBJにより青味の強い照明光を照射すると、各サンプル点は、xy座標において全体的に青の方向(xy座標上で左下方向)に移動する。すなわち、照明環境を変えることで、図2(A)において色域外に存在していたサンプル点(すなわち、相対的に純度の高い黄色であった点)は、より純度の低い黄色を放射するようになるので、撮像装置200の撮像可能な色域内に納まる。その結果、被写体OBJの全体を撮像装置200の撮像可能な色域内において撮像できるので、被写体OBJの分光反射率を正確に推定することができる。

[0100] さらに、上述の(6)式に示すように、任意の照明環境において観測した場合の色再現データgdを生成できるので、この切換後の照明環境ではなく、本来の照明環境下において撮像されるべきであった色再現データgdを生成することができる。

[0101] 図2(C)は、図2(B)の照明環境下で撮像された撮像データに基づいて、図2(A)の照明環境下で生成されるべきであった色再現データgdを生成した場合を示す。このような色再現処理を行なうことにより、撮像装置200の撮像可能な色域外にある色であっても、正確に色再現を行なうことができる。

[0102] 照明装置400からの照明光を適切に切換えるためには、撮像装置200の撮像可能な色域外にある色を特定する必要がある。そこで、本実施の形態に従う評価部112は、xy座標上においていずれの位置で色域外になっているかを評価し、この位置に応じて照明光を選択する。

[0103] なお、撮像された画像データgのすべての画素について評価する必要はなく、画像データgに含まれる画素の色情報のうち、当該画像データgを代表する所定数の画素について評価するようにしてもよい。

[0104] 図3は、図1に示す評価部112における照明光の切換処理の概略を説明するための図である。図3を参照して、xy座標上において、Rの撮像素子によって撮像可能な最大純度の赤色に対応する座標を(x1, y1)とし、Gの撮像素子によって撮像可能な

最大純度の緑色に対応する座標を(x2, y2)とし、Bの撮像素子によって撮像可能な最大純度の青色に対応する座標を(x3, y3)とする。

- [0105] そして、座標(x1, y1)と座標(x2, y2)とを結ぶ直線領域(a)上にサンプル点が存在する場合には、Y(黄)の純度が高いと判断し、このY(黄)の補色であるB(青)の成分を多く含む照明光に切替える。
- [0106] 同様に、座標(x2, y2)と座標(x3, y3)とを結ぶ直線領域(b)上にサンプル点が存在する場合には、C(シアン)の純度が高いと判断し、このC(シアン)の補色であるR(赤)の成分を多く含む照明光に切替える。
- [0107] 同様に、座標(x3, y3)と座標(x1, y1)とを結ぶ直線領域(c)上にサンプル点が存在する場合には、M(マゼンタ)の純度が高いと判断し、このM(マゼンタ)の補色であるG(緑)の成分を多く含む照明光に切替える。
- [0108] このように、評価部112は、画像データ g' ⁽¹⁾に含まれる色がxy座標上のいずれの位置で色域外になっているかを評価し、当該位置に応じて照明光を選択する。
- [0109] 再度、図1を参照して、座標変換部110は、色変換部134から順次出力される画像データ g' の各成分に対して、上述の(7)式および(8)式に示す変換式に従って座標変換を実行する。そして、座標変換部110は、変換した座標値(x, y)を評価部112へ順次出力する。
- [0110] 評価部112は、座標変換部110から順次出力される座標値(x, y)を、撮像装置200による1回の撮像に相当する数だけ格納し、xy座標上において予め規定された撮像装置200で撮像可能な色域外に存在するものがあるか否かを判断する。なお、このxy座標上において予め規定された撮像装置200で撮像可能な色域は、評価テーブル114に予め格納される。また、撮像装置200で撮像可能な色域は、撮像装置200を構成する撮像素子の特性などに依存するため、撮像装置200の種類または個体毎に実験的もしくはシミュレーションなどによって予め取得される。
- [0111] さらに、評価部112は、座標変換部110から出力される座標値(x, y)のうち、撮像装置200で撮像可能な色域外に存在するものがある場合には、その座標値(x, y)がいずれの位置で色域外になっているかを評価する。そして、評価部112は、当該位置に応じて、照明装置400に対して照明光の選択指令を出力する。上述したよう

に、具体的には、評価部112は、xy座標上のR, G, Bに対応する各座標を結ぶいずれかの直線領域に座標値(x, y)が存在しているか否かによって判断する。

[0112] 照明装置400に対して照明光の選択指令を出力した場合には、評価部112は、一次記憶部132に対して、当該時点(照明光の切替前)の分光放射輝度の出力を維持するように指令を与える。これは、切替前の照明環境下(すなわち、本来の照明環境下)において撮像されるべきであった画像データ g' が色変換部134から出力されるようにするためである。

[0113] すなわち、被写体OBJの撮像時に適用すべき照明環境(分光放射輝度 $E^{(1)}$)を異なる照明環境(分光放射輝度 $E^{(2)}$)に切替えた場合には、評価部112は、以下の数式に従って画像データ g' が算出されるように、一次記憶部132を制御する。

$$[0114] \quad H = S \cdot E^{(1)}$$

$$W = A \cdot H^t \cdot (H \cdot A \cdot H^t)^{-1}$$

$$g'_{xyz}(m, n) = h \cdot E^{(2)} \cdot W \cdot gc(m, n)$$

また、評価部112は、座標変換部110から出力される座標値(x, y)のうち、撮像装置200で撮像可能な色域外に存在するものがない場合において、座標変換部120における座標変換処理を有効化するための指令を与える一方、撮像装置200で撮像可能な色域外に存在するものがある場合には、座標変換部120における座標変換処理を無効化するための指令を与える。これは、撮像装置200で撮像可能な色域外の色を含む画像データに基づいて生成された信頼性の低い色再現データ gd が出力されることを防止するためである。

[0115] <処理手順>

本実施の形態に従う撮像システム1における処理手順をまとめると、以下のようになる。

[0116] 図4は、この発明の第1の実施の形態に従う撮像システム1における全体処理手順を示すフローチャートである。図5は、図4に示す色域評価処理サブルーチン(1)の内容を示すフローチャートである。図6は、図4に示す照明環境切替サブルーチンの内容を示すフローチャートである。なお、以下の説明では、その処理内容をより明確化するために、最初の撮像によって得られたデータなどを上付き添え字⁽¹⁾を付して表

わすとともに、2回目の撮像によって得られたデータなどを上付き添え字⁽²⁾を付して表わす。

[0117] 図1および図4を参照して、まず、撮像装置200が被写体OBJを撮像し、被写体OBJに応じた撮像データ $g^{(1)}$ を出力する(ステップS2)。なお、撮像装置200は、ユーザなどの操作に応答して撮像動作を実行する。続いて、分光反射率推定部130が、分光放射輝度計300で測定された分光放射輝度 $E^{(1)}$ を取得し(ステップS4)、分光反射率推定行列 $W^{(1)}$ を算出する(ステップS6)。

[0118] 続いて、線形補正部102が、撮像装置200から出力される1つの画素に対応する画像データ $g_i^{(1)}(m, n)$ を線形化して線形画像データ $gc_i^{(1)}(m, n)$ を生成する(ステップS8)。そして、色変換部134が、ステップS4において取得された分光放射輝度 $E^{(1)}$ と、ステップS6において算出された分光反射率推定行列 $W^{(1)}$ と、ステップS8において生成された線形画像データ $gc_i^{(1)}(m, n)$ とを用いて、画像データ $g'_{XYZ}^{(1)}(m, n)$ を算出する(ステップS10)。さらに、撮像データ $g^{(1)}$ に含まれるすべての画素についての処理が完了したか否かが判断され(ステップS12)、すべての画素についての処理が完了していなければ(ステップS12においてNO)、ステップS8以降の処理が再度実行される。

[0119] これに対して、すべての画素についての処理が完了していれば(ステップS12においてYES)、画像データ $g'_{XYZ}^{(1)}(m, n)$ が撮像装置200で撮像可能な色域内に存在しているか否かを評価するために、色域評価処理サブルーチン(1)が実行される(ステップS14)。なお、後述するように、ステップS14の色域評価処理サブルーチン(1)の評価結果は、評価部112などに設けられるメモリ領域に「フラグ」として出力され、フラグ設定がされている場合には、撮像装置200で撮像可能な色域外に画像データ $g'_{XYZ}^{(1)}(m, n)$ が存在することを意味する。

[0120] この色域評価処理サブルーチン(1)の実行後、評価部112は、いずれかのフラグが設定されているか否か、すなわち撮像装置200で撮像可能な色域外に画像データ $g'_{XYZ}^{(1)}(m, n)$ が存在するか否かを判断する(ステップS16)。フラグが設定されている場合(ステップS16においてYESの場合)には、評価部112は、一次記憶部132に現時点の分光放射輝度 $E^{(1)}$ を記憶させる(ステップS18)とともに、照明装置400か

らの照明光を切替えるために、照明環境切替サブルーチンを実行する(ステップS20)。この照明環境切替サブルーチンの実行後、撮像装置200が被写体OBJを再度撮像し、被写体OBJに応じた撮像データ $g^{(2)}$ を出力する(ステップS22)。続いて、分光反射率推定部130が、分光放射輝度計300で測定された分光放射輝度 $E^{(2)}$ を取得し(ステップS24)、分光反射率推定行列 $W^{(2)}$ を算出する(ステップS26)。

[0121] 続いて、線形補正部102が、撮像装置200から出力される1つの画素に対応する画像データ $g_i^{(2)}(m, n)$ を線形化して線形画像データ $gc_i^{(2)}(m, n)$ を生成する(ステップS30)。そして、色変換部134が、ステップS18において一次記憶部132が記憶した分光放射輝度 $E^{(1)}$ と、ステップS26において算出された分光反射率推定行列 $W^{(2)}$ と、ステップS30において生成された線形画像データ $gc_i^{(2)}(m, n)$ とを用いて、画像データ $g'_{XYZ}^{(2)}(m, n)$ を算出する(ステップS32)。さらに、撮像データ $g^{(2)}$ に含まれるすべての画素についての処理が完了したか否かが判断され(ステップS34)、すべての画素についての処理が完了していなければ(ステップS34においてNO)、ステップS30以降の処理が再度実行される。

[0122] これに対して、すべての画素についての処理が完了していれば(ステップS34においてYES)、座標変換部120が、ステップS32で算出された画像データ $g'_{XYZ}^{(2)}(m, n)$ をRGB表色系の画像データ $g'_{RGB}(m, n)$ に変換し(ステップS54)、続いて、ガンマ補正部122が、画像データ $g'_{RGB}(m, n)$ を色再現データ $gd_{RGB}(m, n)$ に変換し(ステップS56)、外部出力する。

[0123] 一方、フラグが設定されていない場合(ステップS16においてNOの場合)には、座標変換部120が、ステップS10で算出された画像データ $g'^{(1)}_{XYZ}(m, n)$ をRGB表色系の画像データ $g'_{RGB}(m, n)$ に変換し(ステップS58)、続いて、ガンマ補正部122が、画像データ $g'_{RGB}(m, n)$ を色再現データ $gd_{RGB}(m, n)$ に変換し(ステップS60)、外部出力する。

[0124] 次に、ステップS14の色域評価処理サブルーチン(1)の内容について説明する。図5を参照して、まず、座標変換部110が画像データ $g'^{(1)}_{XYZ}(m, n)$ をxy座標上の座標値(x, y)に変換する(ステップS100)。そして、評価部112は、評価テーブル114から撮像装置200の撮像可能なxy座標上の色域を讀出す(ステップS102)。

- [0125] そして、評価部112は、ステップS100において算出された座標値(x, y)が、図3に示すようなR(赤)に対応する座標(x1, y1)とG(緑)に対応する(x2, y2)とを結ぶ直線領域(a)上に存在するか否かを判断する(ステップS104)。座標値(x, y)が直線領域(a)上に存在する場合(ステップS104においてYESの場合)には、評価部112は、フラグB(青)を設定する(ステップS106)。
- [0126] 座標値(x, y)が直線領域(a)上に存在しない場合(ステップS104においてNOの場合)には、評価部112は、ステップS100において算出された座標値(x, y)が、図3に示すようなG(緑)に対応する座標(x2, y2)とB(青)に対応する(x3, y3)とを結ぶ直線領域(b)上に存在するか否かを判断する(ステップS108)。座標値(x, y)が直線領域(b)上に存在する場合(ステップS108においてYESの場合)には、評価部112は、フラグR(赤)を設定する(ステップS110)。
- [0127] 座標値(x, y)が直線領域(c)上に存在しない場合(ステップS108においてNOの場合)には、評価部112は、ステップS100において算出された座標値(x, y)が、図3に示すようなB(青)に対応する座標(x3, y3)とR(赤)に対応する(x1, y1)とを結ぶ直線領域(c)上に存在するか否かを判断する(ステップS112)。座標値(x, y)が直線領域(c)上に存在する場合(ステップS112においてYESの場合)には、評価部112は、フラグG(緑)を設定する(ステップS114)。
- [0128] さらに、撮像データg⁽¹⁾に含まれるすべての画素についての処理が完了したか否かが判断され(ステップS116)、すべての画素についての処理が完了していなければ(ステップS116においてNO)、ステップS100以降の処理が再度実行される。
- [0129] これに対して、すべての画素についての処理が完了していれば(ステップS116においてYES)、処理は、図4のステップS16に移行する。
- [0130] 次に、ステップS20の照明環境切替サブルーチンの内容について説明する。図6を参照して、評価部112は、まず、フラグB(青)が設定されているか否かを判断する(ステップS200)。フラグB(青)が設定されている場合(ステップS200においてYESの場合)には、評価部112は、B(青)の成分を多く含む照明光を照明装置400から被写体OBJに向けて放射させる(ステップS202)。
- [0131] フラグB(青)が設定されていない場合(ステップS200においてNOの場合)には、

評価部112は、フラグR(赤)が設定されているか否かを判断する(ステップS204)。フラグR(赤)が設定されている場合(ステップS204においてYESの場合)には、R(赤)の成分を多く含む照明光を照明装置400から被写体OBJに向けて放射させる(ステップS206)。

[0132] フラグR(赤)が設定されていない場合(ステップS204においてNOの場合)には、評価部112は、フラグG(緑)が設定されているか否かを判断する(ステップS208)。フラグG(緑)が設定されている場合(ステップS208においてYESの場合)には、G(緑)の成分を多く含む照明光を照明装置400から被写体OBJに向けて放射させる(ステップS210)。

[0133] ステップS202, S206, S210のいずれかの処理が実行された後、処理は、図4のステップS22に移行する。

[0134] <本実施形態による作用効果>

この発明の第1の実施の形態によれば、撮像装置で撮像可能な色域を考慮して被写体を撮像する際の照明環境を決定することができる。そのため、撮像装置を用いて被写体の色を正しく撮像できるので、この撮像された撮像データから被写体の分光反射率を正確に推定できる。したがって、被写体を撮像すべき照明環境において被写体の色が撮像装置の撮像可能な色域外に存在している場合であっても、分光反射率を正確に推定した上で、当該撮像すべき照明環境において撮像(観察)されるであろう色を適切に再現することができる。

[0135] この結果、撮像装置の撮像可能な色域に比較して表示装置の表示可能な色域が広い場合などにおいて、表示装置では、撮像装置の撮像能力を超えた純度の色を表示させることも可能となる。

[0136] [第2の実施の形態]

図7は、この発明の第2の実施の形態に従う撮像システム2の概略構成図である。

[0137] 図7を参照して、撮像システム2は、第1の実施の形態に従う撮像システム1と同様に、被写体OBJを撮像し、この撮像した撮像データに所定の画像処理(主として、色再現処理)を行なった上で画像データ(色再現データ)を出力する。より具体的には、撮像システム2は、第1の実施の形態に従う撮像システム1において、画像処理装置

100に代えて画像処理装置100Aを採用したものであり、その他の部分については、撮像システム1と同様であるので、詳細な説明は繰返さない。

[0138] 照明装置400は、撮像装置200による被写体OBJの撮像に際して、被写体OBJに対して照明光を照射する。特に、本実施の形態に従う照明装置400は、画像処理装置100Aからの指令に応じて、被写体OBJに向けて、主波長が互いに異なる複数の照明光を選択的に照射可能に構成される。すなわち、後述するように、被写体OBJを所定の照明環境(以下「第1照明環境」とも称す。)で撮像した結果、撮像装置200で撮像可能な色域外の色をもつ画素が撮像データに含まれていると判断された場合には、当該画素の色が撮像装置200で撮像可能な色域内に納まるように、照明装置400から被写体OBJに別の照明光が照射される。この照明装置400からの照明光によって、第1照明環境とは異なる照明環境(以下「第2照明環境」とも称す。)が形成される。

[0139] 後述するように、画像処理装置100Aでは、撮像装置200で撮像可能な色域外の色をもつ画素が撮像データに含まれている場合に、当該画素が色空間上のいずれの位置で色域外になっているかを評価し、その評価結果(座標位置)に基づいて、照明装置400から被写体OBJへ照射される光を切換える。ここで、撮像装置200で撮像可能な色域は、撮像装置200を構成する撮像素子の分光感度に応じて定まるので、フィルタホイール402に装着する波長フィルタ(色フィルタ)404の特性は、この撮像素子の分光感度に応じて決定することが好ましい。一例として、本実施の形態に従う照明装置400は、主波長として、それぞれR(赤)、G(緑)、B(青)の3つの波長フィルタ404を含む。すなわち、照明装置400は、赤味を帯びた照明光、緑味を帯びた照明光、青味を帯びた照明光を切換えて照射可能に構成される。なお、第1照明環境を形成するために、このような波長フィルタ404を通過させることなく、光源408が発生する光をそのまま照射できるようにしてもよい。

[0140] <画像処理装置の機能構成>

次に、画像処理装置100Aの機能構成について説明する。なお、以下の説明では、その処理内容をより明確化するために、第1照明環境下の撮像によって得られたデータなどを上付き添え字⁽¹⁾を付して表わすとともに、第2照明環境下の撮像によって

得られたデータなどを上付き添え字⁽²⁾を付して表わす。

- [0141] 画像処理装置100Aは、第1照明環境下において被写体OBJを撮像した撮像データ $g^{(1)}$ と第1照明環境下において測定された分光放射輝度 $E^{(1)}$ とを用いて各画素における被写体OBJの分光反射率を推定した上で、この推定した分光反射率と分光放射輝度 $E^{(1)}$ とを用いて、RGB色空間上で定義される撮像データ $g_i^{(1)}(m, n)$ をXYZ表色系の画像データ $g'_{XYZ}^{(1)}(m, n)$ に変換する。
- [0142] そして、画像処理装置100Aは、画像データ $g'_{XYZ}^{(1)}(m, n)$ が撮像装置200で撮像可能な色域内に存在しているか否かを判断する。撮像装置200で撮像可能な色域外にいずれかの画像データ $g'_{XYZ}^{(1)}(m, n)$ が存在していれば、照明装置400から特定の照明光を照射して第2照明環境を形成する。さらに、画像処理装置100Aは、第2照明環境下において被写体OBJを撮像した撮像データ $g^{(2)}$ と第2照明環境下において測定された分光放射輝度 $E^{(2)}$ とを用いて各画素における被写体OBJの分光反射率を推定した上で、この推定した分光反射率と分光放射輝度 $E^{(1)}$ とを用いて、RGB色空間上で定義される撮像データ $g_i^{(2)}(m, n)$ をXYZ表色系の画像データ $g'_{XYZ}^{(2)}(m, n)$ に変換する。
- [0143] さらに、画像処理装置100Aは、撮像装置200で撮像可能な色域内に存在する画素については、対応する画像データ $g'_{XYZ}^{(1)}(m, n)$ を用いるとともに、残余の画素、すなわち撮像装置200で撮像可能な色域外に存在する画素については、対応する画像データ $g'_{XYZ}^{(2)}(m, n)$ を用いて、合成画像データ $G_{XYZ}(m, n)$ を合成する。そして、この合成画像データ $G_{XYZ}(m, n)$ に基づいて、RGB表色系の色再現データを生成して出力する。すなわち、画像処理装置100Aは、第1照明環境下において測定された分光放射輝度 $E^{(1)}$ から算出される撮像データ $g_i^{(1)}(m, n)$ のうち、撮像装置200で撮像可能な色域外に存在する画素について、対応する画像データ $g'_{XYZ}^{(2)}(m, n)$ に置換することで、合成画像データ $G_{XYZ}(m, n)$ を生成する。
- [0144] 具体的には、画像処理装置100Aは、線形補正部102Aと、第1色変換部104と、第2色変換部106と、座標変換部110および120と、評価部112Aと、評価テーブル114と、合成部116と、フラグテーブル118と、ガンマ補正部122とを含む。
- [0145] 線形補正部102Aは、撮像装置200から出力される撮像データ g を線形化するため

の部位である。一般的に、表示装置では、入力信号レベルと実際に表示される輝度レベルとの間には非線形な関係を有しており、このような非線形性はガンマ特性と称される。このような表示装置における非線形性を打ち消して、人間の視覚に適応した画像が表示装置において表示されるように、撮像装置200からは、表示装置のガンマ特性と逆の非線形性をもつような撮像データ g が出力されることが多い。このように、撮像データ g の信号レベルと各撮像素子で検出された輝度レベルとの間が非線形である場合には、後述する画像処理を正確に実行することができないので、線形補正部102Aがこの撮像データ g を線形化する。

[0146] 一般的にガンマ特性および逆ガンマ特性はべき乗の関数として表わすことができるので、線形補正部102Aは、撮像装置200における逆ガンマ値を γc とすると、以下のような演算式に従って、撮像データ $g_i^{(1)}(m, n)$ または $g_i^{(2)}(m, n)$ を、それぞれ線形化された線形画像データ $gc_i^{(1)}(m, n)$ または $gc_i^{(2)}(m, n)$ に変換する。

$$[0147] \quad gc_i^{(1)}(m, n) = g_i^{(1)}(m, n)^{1/\gamma c}$$

$$gc_i^{(2)}(m, n) = g_i^{(2)}(m, n)^{1/\gamma c}$$

ここで、逆ガンマ値 γc は、表示装置のガンマ値 γd の逆数に相当する値に設定される。一例として、表示装置のガンマ値 $\gamma d = 2.2$ であれば、撮像装置200の逆ガンマ値 $\gamma c = 1/\gamma d = 1/2.2 \approx 0.45$ となる。

[0148] なお、撮像装置200から1回の撮像によって出力される撮像データ $g_i^{(1)}(m, n)$ および $g_i^{(2)}(m, n)$ は、撮像装置200の画素数だけ存在する。例えば、撮像装置200の画素が 1920×1080 である場合には、撮像データ $g_i^{(1)}(m, n)$ および $g_i^{(2)}(m, n)$ の数は、いずれも2073600個となる。そのため、上述のような変換式をそのまま実行すると膨大な演算量になってしまう。画像処理装置100Aの演算処理能力が十分に高い場合には、演算を直接実行してもよいが、演算処理能力に制限がある場合には、ルックアップテーブル(LUT)を用いることが有効である。

[0149] 本実施の形態に従う線形補正部102Aは、ルックアップテーブル102aを予め格納してあり、このルックアップテーブル102aを参照することで、線形化処理を行なう。ルックアップテーブル102aは、入力される撮像データ g が取り得るすべての信号レベルの各々に対応付けて、上述の変換式の結果を予め格納したデータテーブルである。

実際の線形化演算では、ルックアップテーブル102aを参照して、入力された撮像データ g の信号レベルに対応した変換値を取得すればよいので、演算量を大幅に低減できる。

[0150] なお、ルックアップテーブル102aの内容は、逆ガンマ値 γ_c によって異なったものとなるので、逆ガンマ値 γ_c が変更された場合には、ルックアップテーブル102aの内容も変更する必要がある。

[0151] なお、撮像装置200から出力される撮像データ g が線形、すなわち逆ガンマ値 $\gamma_c = 1$ の場合には、線形補正部102Aを設ける必要はない。

[0152] <色再現処理>

色変換部104および分光反射率推定部110によって実行される色再現処理の主要な内容については、上述の第1の実施の形態に従う画像形成装置100における色変換部134および分光反射率推定部130によって実行される色再現処理と同様であるので、詳細な説明は繰返さない。

[0153] 上述の(6)式で用いられる分光放射輝度を示す行列 E は、任意の値に設定することができる。これは、第2照明環境下(分光放射輝度 $E^{(2)}$)で被写体OBJを撮像した撮像データ $g^{(2)}$ に基づいて、第1照明環境下(分光放射輝度 $E^{(1)}$)で観察されるであろう当該被写体OBJの色を再現できることを意味する。したがって、第1照明環境下で観察されるであろう被写体OBJの色を再現するにあたって、必ずしも第1照明環境下で被写体OBJを撮像する必要はなく、それとは別の第2照明環境下で撮像した撮像データ $g^{(2)}$ を用いてもよいことを意味する。言い換えれば、撮像装置200における撮像可能な色域内に納まるように、被写体OBJを撮像さえできれば、任意の照明環境下で観測されるであろう色を正確に再現できる。そこで、本実施の形態に従う撮像システム2は、撮像装置200における撮像可能な色域内に納まるように被写体OBJを撮像することを目的とする。

[0154] 再度、図7を参照して、第1色変換部104は、第1照明環境下において撮像された撮像データ $g_c^{(1)}$ から画像データ $g'^{(1)}$ を生成するための部位であり、分光反射率推定部104aと色再現部104bとを含む。

[0155] 分光反射率推定部104aは、第1照明環境下において分光放射輝度計300で測定

された分光放射輝度 $E^{(1)}$ と、予め格納された撮像装置200の撮像素子の各波長における分光感度を示す行列 S と、予め格納された自己相関行列 A とを用いて、上述(3)式および(4)式の行列演算を実行し、分光反射率推定行列 $W^{(1)}$ を算出する。そして、分光反射率推定部104aは、算出した分光反射率推定行列 $W^{(1)}$ を色再現部104bへ出力する。

[0156] なお、分光反射率推定部104aが分光反射率推定行列 W を算出する周期は、撮像装置200における撮像周期と同一であることが望ましいが、分光放射輝度計300による分光放射輝度の測定周期が撮像周期より遅い場合には、分光放射輝度の測定周期で分光反射率推定行列 W を算出してもよい。あるいは、被写体OBJにおける照明環境がほとんど変化しない場合には、分光放射輝度計300から出力される分光放射輝度に変化した場合に限って、分光反射率推定行列 W を算出するようにしてもよい。

[0157] 色再現部104bは、線形補正部102Aから出力された線形画像データ $gc^{(1)}$ と、分光反射率推定部104aから出力された分光反射率推定行列 $W^{(1)}$ と、分光放射輝度計300で測定された分光放射輝度 $E^{(1)}$ と、予め格納された各波長における等色関数の値を示す行列 h とを用いて、上述(6)式の行列演算を実行し、画像データ $g'_{XYZ}^{(1)}$ を算出する。

[0158] 第2色変換部106は、後述するように、必要に応じて第1照明環境から第2照明環境に変更された場合に、第2照明環境下において撮像された撮像データ $gc^{(2)}$ から画像データ $g'^{(2)}$ を生成するための部位であり、分光反射率推定部106aと色再現部106bを含む。

[0159] 分光反射率推定部106aは、分光反射率推定部104aと同様に、第2照明環境下において分光放射輝度計300で測定された分光放射輝度 $E^{(2)}$ と、予め格納された撮像装置200の撮像素子の各波長における分光感度を示す行列 S と、予め格納された自己相関行列 A とを用いて、分光反射率推定行列 $W^{(2)}$ を算出する。そして、分光反射率推定部106aは、算出した分光反射率推定行列 $W^{(2)}$ を色再現部106bへ出力する。

[0160] 色再現部106bは、線形補正部102Aから出力された線形画像データ $gc^{(2)}$ と、分光

反射率推定部106aから出力された分光反射率推定行列 $W^{(2)}$ と、第1照明環境下において分光放射輝度計300で測定された分光放射輝度 $E^{(1)}$ と、予め格納された各波長における等色関数の値を示す行列 h とを用いて、画像データ $g'_{XYZ}^{(2)}$ を算出する。

[0161] 合成部116は、後述するフラグテーブル118のマップデータに従って、画像データ $g'_{XYZ}^{(1)}$ に含まれる各画素データのうち特定のものと、画像データ $g'_{XYZ}^{(2)}$ に含まれる各画素データのうち特定のものとを合成して、合成画像データ G_{XYZ} を生成する。

[0162] 座標変換部120は、合成部116で生成されたXYZ表色系の合成画像データ G_{XYZ} をRGB表色系の合成画像データ G_{RGB} に変換して、ガンマ補正部122へ出力する。すなわち、座標変換部120は、合成画像データ G_{RGB} を色空間の変換を行なった上で出力する。

[0163] 座標変換部120で変換されたRGB表色系の合成画像データ G_{RGB} は、線形性を維持しているため、表示装置などに出力する場合には、表示装置のガンマ特性を考慮して、予め表示装置のガンマ特性を打ち消すための補正を行なう必要がある。そこで、ガンマ補正部122は、線形補正部102Aにおける変換処理と逆の変換処理を行なう。より具体的には、ガンマ補正部122は、以下のような表示装置のガンマ値 γ_d を用いた演算式に従って、RGB表色系の合成画像データ $G_{RGB}(m, n)$ を色再現データ $gd_{RGB}(m, n)$ に変換する。

$$[0164] \quad gd_{RGB}(m, n) = G_{RGB}(m, n)^{\gamma_d}$$

ここで、表示装置のガンマ値 γ_d は、一例として「2.2」などに設定される。

[0165] 本実施の形態に従うガンマ補正部122は、上述の線形補正部102Aと同様に、ルックアップテーブル(LUT)を用いて演算処理を実行する。より具体的には、ガンマ補正部122は、ルックアップテーブル122aを予め格納して、このルックアップテーブル122aを参照することで、ガンマ補正処理を行なう。ルックアップテーブル122aは、入力される合成画像データ G_{RGB} が取り得るすべての信号レベルの各々に対応付けて、上述の変換式の結果を予め格納したデータテーブルである。実際の線形化演算では、ルックアップテーブル122aを参照して、入力された合成画像データ G_{RGB} の信号レベルに対応した変換値を取得すればよいので、演算量を大幅に低減できる。

[0166] なお、ルックアップテーブル122aの内容は、ガンマ値 γ_d によって異なったものとな

るので、ガンマ値 γ_d が変更された場合には、ルックアップテーブル122aの内容も変更する必要がある。

[0167] <色域評価処理>

評価部112Aは、上述のような色再現データgdの生成過程において、第1照明環境下で撮像された撮像データ $g^{(1)}$ が撮像装置200で撮像可能な色域内に存在するか否かを評価する。そして、評価部112Aは、撮像データ $g^{(1)}$ が撮像装置200で撮像可能な色域外の色を含むと評価された場合には、被写体OBJが発する色が撮像装置200で撮像可能な色域内に納まるように、照明装置400から特定の照明光を照射して、第2照明環境下を形成する。このような色域内に存在するか否かの評価は、XYZ表色系の色空間で行なう必要があるため、評価部112Aは、第1色変換部104から出力される画像データ $g'_{XYZ}^{(1)}$ に対して評価を行なう。

[0168] 評価部112Aにおける色域評価処理については、上述の第1の実施の形態に従う画像形成装置100の評価部112における色域評価処理と同様であるので、詳細な説明は繰返さない。

[0169] 上述の図2(B)に示すように、被写体OBJにより青味の強い照明光を照射すると、各サンプル点は、xy座標において全体的に青の方向(xy座標上で左下方向)に移動する。すなわち、照明環境を変えることで、図2(A)において色域外に存在していたサンプル点(以下「補正対象」とも称す。)は、より純度の低い黄色を放射するようになるので、撮像装置200の撮像可能な色域内に納まる。その結果、被写体OBJの補正対象に対応する部分の色を撮像装置200の撮像可能な色域内において撮像できるようになる。

[0170] 上述の(6)式に示すように、第2照明環境下で撮像した撮像データ $g^{(2)}$ から第1照明環境下において撮像されるべきであった撮像データ $g^{(1)}$ に対応する画像データ $g'_{XYZ}^{(2)}$ を生成できる。そのため、この補正対象の画素については、第2照明環境下で撮像した撮像データ $g^{(2)}$ から生成される画像データ $g'_{XYZ}^{(2)}$ を用いるとともに、残余の画素については、第1照明環境下で撮像した撮像データ $g^{(1)}$ から生成される画像データ $g'_{XYZ}^{(1)}$ を用いることで、色再現データgdを生成することができる。

[0171] 図2(C)は、図2(B)に示す第2照明環境下で撮像された撮像データ $g^{(2)}$ に基づい

て、図2(A)に示す第1照明環境下で生成されるべきであった画像データ $g'_{xyz}^{(2)}$ を生成した場合を示す。このような色再現処理を行なうことにより、撮像装置200の撮像可能な色域外にある色であっても、正確に色再現を行なうことができる。

[0172] 図8は、本実施の形態に従う画像合成処理の概略を説明するための図である。

図8を参照して、第1照明環境下において撮像された撮像データ $g^{(1)}$ のうち、撮像装置200で撮像可能な色域外にある色を有する部分(補正対象)が特定される。そして、撮像データ $g^{(1)}$ から生成される補正対象を除いた部分の画像データ $g'^{(1)}$ と、第2照明環境下において撮像された撮像データ $g^{(2)}$ から生成される補正対象に対応する部分の画像データ $g'^{(2)}$ とが合成されて、合成画像データGとして生成される。

[0173] ところで、照明装置400から特定の照明光を適切に照射するためには、撮像装置200の撮像可能な色域外にある色を特定する必要がある。そこで、本実施の形態に従う評価部112Aは、xy座標上においていずれの位置で色域外になっているかを評価し、この位置に応じて照明光を選択する。

[0174] 評価部112Aにおける照明光の切換処理については、上述の第1の実施の形態に従う画像形成装置100の評価部112における照明光の切換処理と同様であるので、詳細な説明は繰返さない。

[0175] 評価部112Aは、座標変換部110から順次出力される座標値(x, y)を、撮像装置200による1回の撮像に相当する数だけ格納し、xy座標上において予め規定された撮像装置200で撮像可能な色域外に存在するものがあるか否かを判断する。そして、評価部112Aは、撮像装置200で撮像可能な色域外に存在する色をもつ画素が存在する場合には、当該画素の位置を特定するための情報(フラグ)をフラグテーブル118に格納する。すなわち、評価部112Aは、撮像装置200で撮像可能な色域内に存在する色をもつ画素と、撮像装置200で撮像可能な色域外に存在する色をもつ画素とを分類する。

[0176] また、評価部112Aは、撮像装置200で撮像可能な色域外に存在する色をもつ画素が存在する場合には、その座標値(x, y)がいずれの位置で色域外になっているかを評価する。そして、評価部112Aは、当該位置に応じて、照明装置400に対して照明光の選択指令を出力する。上述したように、具体的には、評価部112Aは、xy

座標上のR, G, Bに対応する各座標を結ぶいずれかの直線領域に座標値(x, y)が存在しているか否かによって判断する。

[0177] なお、このxy座標上において予め規定された撮像装置200で撮像可能な色域は、評価テーブル114に予め格納される。また、撮像装置200で撮像可能な色域は、撮像装置200を構成する撮像素子の特性などに依存するため、撮像装置200の種類または個体毎に実験的もしくはシミュレーションなどによって予め取得される。

[0178] 図9は、図7に示すフラグテーブル118に格納されるデータ構造を説明するための図である。本実施の形態に従うフラグテーブル118は、撮像装置200における画素配置(例えば、1920×1080画素)に対応するデータ構造を有している。なお、フラグテーブル118の初期値はすべて「0」に設定されているものとする。

[0179] 評価部112Aは、図9(A)に示すように、第1照明環境下において撮像された撮像データ $g^{(1)}$ のうち撮像装置200で撮像可能な色域外に存在する色をもつ画素を特定すると、図9(B)に示すように、フラグテーブル118のうち当該画素に対応する位置のフラグを「1」に設定する。評価部112Aは、撮像データ $g^{(1)}$ に含まれるすべての画素について上記の処理を行なう。その結果、フラグテーブル118には、撮像装置200で撮像された各画素のうち、その色が撮像装置200で撮像可能な色域外に存在するものを示すマップが形成されることになる。

[0180] 再度、図7を参照して、合成部116は、このようなフラグテーブル118に形成されたマップを参照して、合成画像データGの生成に必要な画像データ $g^{(2)}$ を特定する。なお、第2色変換部106は、第2照明環境下において撮像された撮像データ $g^{(2)}$ に基づいて、すべての画素に対応する画像データ $g^{(2)}$ を算出するようにしてもよいが、画像データ $g^{(2)}$ の算出処理は演算量が比較的多いので、合成部116を介してフラグテーブル118を参照した上で、合成画像データGの生成に必要な画素についてのみ、画像データ $g^{(2)}$ を生成することが好ましい。

[0181] なお、上述のフラグテーブル118には、撮像データ $g^{(1)}$ のうち撮像装置200で撮像可能な色域外に存在する色をもつ画素を特定するための情報に加えて、その色を特定するための情報を格納してもよい。

[0182] 図10は、図1に示すフラグテーブル118の別形態を示す図である。図10を参照し

て、この形態のフラグテーブル118には、撮像可能な色域外に存在する色をもつ画素に対応する位置に、その色を特定するための「R」「G」「B」などの値が格納される。このようなフラグテーブルを採用することで、合成画像データGの生成に必要な画像データ $g^{(2)}$ の画素を特定することができるとともに、照明装置400から照射すべき照明光の色を特定することもできる。

[0183] <処理手順>

本実施の形態に従う撮像システム2における処理手順をまとめると、以下のようになる。

[0184] 図11は、この発明の第2の実施の形態に従う撮像システム2における全体処理手順を示すフローチャートである。図12は、図11に示す色域評価処理サブルーチン(2)の内容を示すフローチャートである。

[0185] 図7および図11を参照して、まず、撮像装置200が、第1照明環境下において被写体OBJを撮像し、被写体OBJに応じた撮像データ $g^{(1)}$ を出力する(ステップS2)。なお、撮像装置200は、ユーザなどの操作に応答して撮像動作を実行する。続いて、分光反射率推定部104aが、分光放射輝度計300で測定された分光放射輝度 $E^{(1)}$ を取得し(ステップS4)、分光反射率推定行列 $W^{(1)}$ を算出する(ステップS6)。

[0186] 続いて、線形補正部102Aが、撮像装置200から出力される1つの画素に対応する撮像データ $g_i^{(1)}(m, n)$ を線形化して線形画像データ $gc_i^{(1)}(m, n)$ を生成する(ステップS8)。そして、色再現部104bが、ステップS4において取得された分光放射輝度 $E^{(1)}$ と、ステップS6において算出された分光反射率推定行列 $W^{(1)}$ と、ステップS8において生成された線形画像データ $gc_i^{(1)}(m, n)$ とを用いて、画像データ $g_{XYZ}^{(1)}(m, n)$ を算出する(ステップS10)。さらに、撮像データ $g^{(1)}$ に含まれるすべての画素についての処理が完了したか否かが判断され(ステップS12)、すべての画素についての処理が完了していなければ(ステップS12においてNO)、ステップS8以降の処理が再度実行される。

[0187] これに対して、すべての画素についての処理が完了していれば(ステップS12においてYES)、画像データ $g_{XYZ}^{(1)}(m, n)$ が撮像装置200で撮像可能な色域内に存在しているか否かを評価するために、色域評価処理サブルーチン(2)が実行される(

ステップS14)。この色域評価処理サブルーチン(2)の評価結果は、フラグテーブル118に格納される。

[0188] 色域評価処理サブルーチン(2)の実行後、評価部112Aは、フラグテーブル118にフラグが設定されているか否か、すなわち撮像装置200で撮像可能な色域外に画像データ $g'_{XYZ}^{(1)}(m, n)$ が存在するか否かを判断する(ステップS16)。フラグが設定されている場合(ステップS16においてYESの場合)には、色再現部106bが現時点の分光放射輝度 $E^{(1)}$ を記憶する(ステップS18)。そして、評価部112Aが、照明装置400からの照明光を切替えるために、照明環境切替サブルーチンを実行する(ステップS20)。この照明環境切替サブルーチンの実行後、撮像装置200が、第2照明環境下において被写体OBJを再度撮像し、被写体OBJに応じた撮像データ $g^{(2)}$ を出力する(ステップS22)。続いて、分光反射率推定部106aが、分光放射輝度計300で測定された分光放射輝度 $E^{(2)}$ を取得し(ステップS24)、分光反射率推定行列 $W^{(2)}$ を算出する(ステップS26)。

[0189] 続いて、評価部112Aが、フラグテーブル118を参照して、合成画像データGの生成に必要な画素を特定する(ステップS28)。線形補正部102Aが、撮像装置200から出力される撮像データ $g^{(2)}$ のうち、合成画像データGに必要な画素に対応する $g_i^{(2)}(m, n)$ を線形化して線形画像データ $gc_i^{(2)}(m, n)$ を生成する(ステップS30)。そして、色再現部106bが、ステップS18において予め記憶した分光放射輝度 $E^{(1)}$ と、ステップS26において算出された分光反射率推定行列 $W^{(2)}$ と、ステップS30において生成された線形画像データ $gc_i^{(2)}(m, n)$ とを用いて、画像データ $g'_{XYZ}^{(2)}(m, n)$ を算出する(ステップS32)。さらに、合成画像データGに必要なすべての画素についての処理が完了したか否かが判断され(ステップS34)、合成画像データGに必要なすべての画素についての処理が完了していなければ(ステップS34においてNO)、ステップS28以降の処理が再度実行される。

[0190] これに対して、合成画像データGに必要なすべての画素についての処理が完了していれば(ステップS34においてYES)、合成部116が、ステップS32において算出された画像データ $g'_{XYZ}^{(2)}(m, n)$ と、ステップS10において算出された画像データ $g'_{XYZ}^{(1)}(m, n)$ のうち画像データ $g'_{XYZ}^{(2)}(m, n)$ に対応する画素を除いたデータとから

合成画像データ G_{XYZ} を生成する(ステップS36)。さらに、座標変換部120が、ステップS36で算出された合成画像データ G_{XYZ} をRGB表色系の合成画像データ G_{RGB} に変換し(ステップS38)、続いて、ガンマ補正部122が、合成画像データ G_{RGB} を色再現データ gd_{RGB} に変換し(ステップS40)、外部出力する。

[0191] 一方、フラグが設定されていない場合(ステップS16においてNOの場合)には、合成部116は、ステップS10において算出された画像データ $g'^{(1)}_{XYZ}(m, n)$ を合成画像データ G_{XYZ} として出力する(ステップS42)。さらに、座標変換部120が、ステップS40で出力された合成画像データ G_{XYZ} をRGB表色系の合成画像データ G_{RGB} に変換し(ステップS44)、続いて、ガンマ補正部122が、合成画像データ G_{RGB} を色再現データ gd_{RGB} に変換し(ステップS46)、外部出力する。

[0192] 次に、ステップS14の色域評価処理サブルーチン(2)の内容について説明する。

図12を参照して、まず、座標変換部110が画像データ $g'^{(1)}_{XYZ}(m, n)$ をxy座標上の座標値(x, y)に変換する(ステップS100)。そして、評価部112Aは、評価テーブル114から撮像装置200の撮像可能なxy座標上の色域を読出す(ステップS102)。

[0193] そして、評価部112Aは、ステップS100において算出された座標値(x, y)が、図3に示すようなR(赤)に対応する座標(x1, y1)とG(緑)に対応する(x2, y2)とを結ぶ直線領域(a)上に存在するか否かを判断する(ステップS104)。座標値(x, y)が直線領域(a)上に存在する場合(ステップS104においてYESの場合)には、評価部112Aは、フラグB(青)を設定する(ステップS106)。

[0194] 座標値(x, y)が直線領域(a)上に存在しない場合(ステップS104においてNOの場合)には、評価部112Aは、ステップS100において算出された座標値(x, y)が、図3に示すようなG(緑)に対応する座標(x2, y2)とB(青)に対応する(x3, y3)とを結ぶ直線領域(b)上に存在するか否かを判断する(ステップS108)。座標値(x, y)が直線領域(b)上に存在する場合(ステップS108においてYESの場合)には、評価部112Aは、フラグR(赤)を設定する(ステップS110)。

[0195] 座標値(x, y)が直線領域(c)上に存在しない場合(ステップS108においてNOの場合)には、評価部112Aは、ステップS100において算出された座標値(x, y)が、図3に示すようなB(青)に対応する座標(x3, y3)とR(赤)に対応する(x1, y1)とを

結ぶ直線領域(c)上に存在するか否かを判断する(ステップS112)。座標値(x, y)が直線領域(c)上に存在する場合(ステップS112においてYESの場合)には、評価部112Aは、フラグG(緑)を設定する(ステップS114)。

[0196] ステップS106, S110, S114の実行後、評価部112Aは、フラグテーブル118の対象の画素に対応する位置にフラグ「1」を設定する(ステップS116)。

[0197] さらに、撮像データ $g^{(1)}$ に含まれるすべての画素についての処理が完了したか否かが判断され(ステップS118)、すべての画素についての処理が完了していなければ(ステップS118においてNO)、ステップS104以降の処理が再度実行される。

[0198] これに対して、すべての画素についての処理が完了していれば(ステップS116においてYES)、処理は、図11のステップS16に移行する。

[0199] なお、ステップS20の照明環境切替サブルーチンについては、上述の第1の実施の形態において説明した図6に示すフローチャートの内容と同様であるので、詳細な説明は繰返さない。

[0200] なお、上述の処理手順においては、撮像装置200で撮像可能な色域外の色をもつ画素がR(赤), G(緑), B(青)のいずれか1つの色である場合について説明したが、複数の色において色域外になっている場合、すなわちフラグR(赤), フラグG(緑), フラグB(青)のうち複数のフラグが設定されている場合には、上述した第2照明環境下における処理を複数回実行してもよい。この場合には、設定されたそれぞれのフラグに応じて、第2照明環境を複数回形成するとともに、それぞれの第2照明環境下において被写体OBJを撮像することで撮像データを取得し、上述と同様の手順に従って、各撮像データから算出される画像データのうち必要な画素のデータを用いて、合成画像データを生成すればよい。

[0201] <本実施形態による作用効果>

この発明の第2の実施の形態によれば、撮像装置で撮像可能な色域を考慮して被写体を撮像する際の照明環境を決定することができる。そのため、撮像装置を用いて被写体の色を正しく撮像できるので、この撮像された撮像データから被写体の分光反射率を正確に推定できる。したがって、被写体を撮像すべき照明環境において被写体の色が撮像装置の撮像可能な色域外に存在している場合であっても、分光反

射率を正確に推定した上で、当該撮像すべき照明環境において撮像(観察)されるであろう色を適切に再現することができる。

[0202] この結果、撮像装置の撮像可能な色域に比較して表示装置の表示可能な色域が広い場合などにおいて、表示装置では、撮像装置の撮像能力を超えた純度の色を表示させることも可能となる。

[0203] また、この発明の第2の実施の形態によれば、撮像装置で撮像可能な色域外の色をもつ画素についてのみ分光反射率を推定することで合成画像データを生成できるので、演算処理量の増大を抑制することができる。

[0204] <変形例>

上述の第1および第2の実施の形態においては、主としてハードウェアで構成された画像処理装置100および100Aを用いる構成について例示したが、その全部または一部をソフトウェアで実現してもよい。すなわち、コンピュータを用いて、画像処理装置100および100Aにおける処理を実現してもよい。

[0205] 図13は、この発明の実施の形態の変形例に従う画像処理装置100#を実現するコンピュータの概略構成図である。

[0206] 図13を参照して、コンピュータは、FD(Flexible Disk)駆動装置166およびCD-ROM(Compact Disk-Read Only Memory)駆動装置168を搭載したコンピュータ本体150と、モニタ152と、キーボード154と、マウス156とを含む。

[0207] コンピュータ本体150は、相互にバスで接続された、演算装置であるCPU(Central Processing Unit)160と、メモリ162と、記憶装置である固定ディスク164と、通信インターフェース170とをさらに含む。

[0208] FD駆動装置166にはFD166aが装着され、CD-ROM駆動装置168にはCD-ROM168aが装着される。本実施の形態の変形例に従う画像処理装置100#は、CPU160がメモリ162などのコンピュータハードウェアを用いて、ソフトウェアを実行することで実現できる。一般的に、このようなソフトウェアは、FD166aやCD-ROM168aなどの記録媒体に格納されて、またはネットワークなどを介して流通する。そして、このようなソフトウェアは、FD駆動装置166やCD-ROM駆動装置168などにより記録媒体から読取られて、または通信インターフェース170にて受信されて、固定ディ

スク164に格納される。さらに、固定ディスク164からメモリ162に読出されて、CPU160により実行される。

[0209] モニタ152は、CPU160が出力する情報を表示するための表示部であって、一例としてLCD(Liquid Crystal Display)やCRT(Cathode Ray Tube)などから構成される。マウス156は、クリックやスライドなどの動作に応じたユーザから指令を受付ける。キーボード154は、入力されるキーに応じたユーザから指令を受付ける。CPU160は、プログラムされた命令を順次実行することで、各種の演算を実施する演算処理部である。メモリ162は、CPU160のプログラム実行に応じて、各種の情報を記憶する。通信インターフェース170は、コンピュータと撮像装置200、分光放射輝度計300、照明装置400(図1)などとの間の通信を確立するための装置であり、CPU160が出力した情報を、例えば電気信号に変換して他の装置へ送出するとともに、他の装置から電気信号を受信してCPU160が利用できる情報に変換する。固定ディスク164は、CPU160が実行するプログラムや予め定められたデータなどを記憶する不揮発性の記憶装置である。また、コンピュータには、必要に応じて、プリンタなどの他の出力装置が接続されてもよい。

[0210] さらに、本実施の形態に係るプログラムは、コンピュータのオペレーティングシステム(OS)の一部として提供されるプログラムモジュールのうち、必要なモジュールを所定の配列で所定のタイミングで呼出して処理を実行させるものであってもよい。その場合、プログラム自体には上記モジュールが含まれずOSと協働して処理が実行される。このようなモジュールを含まないプログラムも、本発明に係るプログラムに含まれ得る。

[0211] また、本実施の形態に係るプログラムは他のプログラムの一部に組込まれて提供されるものであってもよい。その場合にも、プログラム自体には上記他のプログラムに含まれるモジュールが含まれず、他のプログラムと協働して処理が実行される。

[0212] <その他の形態>

上述の第1および第2の実施の形態においては、分光放射輝度計300が被写体OBJにおける照明環境(分光放射輝度)を直接測定する構成について例示したが、被写体OBJへ照射される照明光が主として照明装置400からの照明光に依存する場

合などには、分光放射輝度を直接測定する代わりに、予め測定して分光放射輝度を用いてもよい。すなわち、照明装置400から選択的に照射される各照明光に対応付けて予め分光放射輝度を測定しておき、これらの予め測定された分光放射輝度のうち、照明装置400から放射される照明光の選択に応じて、対応する分光放射輝度を読出すようにしてもよい。

[0213] また、照明装置400から照射する照明光は、被写体OBJの撮像データが撮像装置200で撮像可能な色域外に存在する場合に限って照射するようにしてよい。すなわち、通常の撮像時には、所望の照明環境下で被写体OBJを測定するとともに、この照明環境下において、被写体OBJの撮像データが撮像装置200で撮像可能な色域外に存在する場合に、はじめて照明装置400から特定の照明光を照射するような運用としてもよい。

[0214] 今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

請求の範囲

- [1] 撮像装置を用いて、特定の波長特性をもつ照明光が照射される被写体(OBJ)を撮像することで、第1撮像データを取得するステップ(S2)と、
前記第1撮像データに対して、前記照明光の波長特性を用いて前記被写体の色を推定した色情報を生成するステップ(S6, S10, S14, S20, S22, S24)と、
前記色情報に基づいて被写体を撮像したデータを再生成するステップ(S32, S54, S56)とを備える、撮像方法。
- [2] 前記色情報を生成するステップは、
前記照明光の分光放射輝度を第1分光放射輝度として取得するステップ(S6)と、
、
前記第1分光放射輝度および前記第1撮像データを用いて前記被写体の分光反射率を推定した上で、前記分光反射率および前記第1分光放射輝度を用いて前記被写体の色を示す第1色空間上の第1色データを生成するステップ(S10)と、
前記第1色データが前記撮像装置で撮像可能な色域内に存在していたか否かを評価するステップ(S14)と、
前記第1色データが前記撮像可能な色域内に存在していなかったと評価された場合に、特定の主波長をもつ照明光を前記被写体に向けて照射するステップ(S20)と、
前記照明光の照射中に前記被写体を再度撮影し、第2撮像データを取得するステップ(S22)と、
前記照明光の照射中に前記被写体に照射される光の分光放射輝度を第2分光放射輝度として取得するステップ(S24)とを含み、
前記再生成するステップは、
前記第2分光放射輝度および前記第2撮像データを用いて前記被写体の分光反射率を推定した上で、前記分光反射率および前記第1分光放射輝度を用いて前記被写体の色を示す第1色空間上の第1色データを再生成するステップ(S32)を含む、請求の範囲第1項に記載の撮像方法。
- [3] 前記評価するステップは、

前記第1色データが前記第1色空間上のいずれの位置で色域外になっているかに基づいて、前記第1色データが前記撮像可能な色域内に納まるように前記照明光を決定するステップ(S200, S204, S208)を含む、請求の範囲第2項に記載の撮像方法。

- [4] 前記第1色データを第2色空間上の第2色データに変換して画像データとして出力するステップ(S54)をさらに備える、請求の範囲第2項に記載の撮像方法。
- [5] 前記第1色空間はXYZ表色系であり、前記第2色空間はRGB表色系である、請求の範囲第4項に記載の撮像方法。
- [6] 撮像素子の各出力値からなる撮像データを出力する撮像装置(200)と、
前記被写体に向けて主波長が互いに異なる複数の照明光を選択的に照射可能な照明装置(400)と、
前記被写体に照射される光の分光放射輝度を取得する分光放射輝度取得部(300)と、
前記分光放射輝度および前記撮像データを用いて前記被写体の分光反射率を推定した上で、前記分光反射率を用いて前記被写体の色を示す第1色空間上の第1色データを生成する第1色変換部(130, 134)と、
前記第1色データが前記撮像装置で撮像可能な色域内に存在していたか否かを評価する評価部(112)とを備え、
前記評価部は、前記第1色データが前記撮像可能な色域内に存在していなかったと評価された場合に、前記照明装置から特定の照明光を前記被写体に向けて照射させる、撮像システム。
- [7] 前記評価部は、前記第1色データが前記第1色空間上のいずれの位置で色域外になっているかを評価し、当該位置に応じて前記第1色データが前記撮像可能な色域内に納まるように、前記特定の照明光を選択する、請求の範囲第6項に記載の撮像システム。
- [8] 前記第1色変換部は、前記被写体の撮像時に適用すべき第1照明環境が前記評価部によって第2照明環境に切換えられた場合に、前記第2照明環境において取得される分光放射輝度を用いて前記分光反射率を推定し、さらに前記分光反射率およ

び前記第1照明環境において取得された分光放射輝度を用いて第1色データを生成する、請求の範囲第6項に記載の撮像システム。

[9] 前記第1色変換部で変換後の前記第1色データを第2色空間上の第2色データに変換して画像データとして出力する第2色変換部(120)をさらに備える、請求の範囲第6項に記載の撮像システム。

[10] 前記第1色空間はXYZ表色系であり、前記第2色空間はRGB表色系である、請求の範囲第9項に記載の撮像システム。

[11] 撮像装置(200)を用いて、第1照明環境下において被写体(OBJ)を撮像することで、第1撮像データを取得するステップ(S2)と、
前記第1照明環境下において前記被写体に照射される光の分光放射輝度である第1分光放射輝度を取得するステップ(S4)と、
前記第1撮像データと前記第1分光放射輝度とを用いて前記被写体の分光反射率を推定した上で、当該分光反射率と前記第1分光放射輝度とを用いて前記被写体の色を示す第1色空間上の第1色データを生成するステップ(S6, S8, S10)と、
前記撮像装置を用いて、第2照明環境下において被写体を撮像することで、第2撮像データを取得するステップ(S22)と、
前記第2照明環境下において前記被写体に照射される光の分光放射輝度である第2分光放射輝度を取得するステップ(S24)と、
前記第2撮像データと前記第1分光放射輝度とを用いて、前記被写体の分光反射率を推定した上で、当該分光反射率と前記第1分光放射輝度とを用いて前記被写体の色を示す第1色空間上の第2色データを生成するステップ(S26, S30, S32)と、
前記第1撮像データに対応する第1色データと、前記第1色データを除いた残余の画素に対応する第2色データとに基づいて合成画像データを生成するステップ(S36)とを備える、撮像方法。

[12] 前記第2色データを生成するステップは、前記残余の画素についてのみ前記第2色データを生成するステップ(S36)を含む、請求の範囲第11項に記載の撮像方法。

[13] 各画素についての前記第1色データが前記撮像装置で撮像可能な色域内に存在

するか否かを評価するステップ(S14, S16, S18, S20)をさらに備え、

前記評価するステップは、前記撮像装置で撮像可能な色域内に存在する第1色データに対応する画素を第1群の画素に分類するとともに、前記撮像装置で撮像可能な色域内に存在しない第1色データに対応する画素を第2群の画素に分類するステップ(S14)を含む、請求の範囲第11項に記載の撮像方法。

[14] 前記評価するステップは、前記第1色データのうち前記撮像装置で撮像可能な色域外に存在するものがある場合に、前記被写体に向けて主波長が互いに異なる複数の照明光を選択的に照射可能な照明装置から特定の照明光を前記被写体に向けて照射することで、前記第2照明環境を形成するステップ(S202, S206, S210)を含む、請求の範囲第13項に記載の撮像方法。

[15] 前記評価するステップは、前記撮像装置で撮像可能な色域外に存在する前記第1色データに対応する画素の色が前記撮像装置で撮像可能な色域内に納まるように、前記特定の照明光を選択するステップ(S200, S204, S208)を含む、請求の範囲第14項に記載の撮像方法。

[16] 前記照明光を選択するステップは、前記撮像装置で撮像可能な色域外に存在する前記第1色データが前記第1色空間上のいずれの位置で色域外になっているかを評価することで、当該位置に応じて前記特定の照明光を選択するステップ(S104, S108, S112A)を含む、請求の範囲第15項に記載の撮像方法。

[17] 前記第1色空間上の前記合成画像データを第2色空間上の画像データに変換するステップ(S38)をさらに備える、請求の範囲第11項に記載の撮像方法。

[18] 前記第1色空間はXYZ表色系であり、前記第2色空間はRGB表色系である、請求の範囲第17項に記載の撮像方法。

[19] 撮像装置を用いて被写体を撮像することで、第1撮像データを取得するステップ(S2)と、

前記第1撮影データに含まれる第1色データが前記撮像装置で撮像可能な色域内の色データであるか否かを評価するステップ(S14)と、

前記第1色データが前記撮像可能な色域内の色データではないと評価された場合に、特定の波長をもつ照明光を前記被写体に向けて照射するステップ(S20)と、

前記照明光の照射中に前記被写体を再度撮影し、第2撮像データを取得するステップ(S24)と、

前記第1撮影データの色域内の色データではないと評価された色データに対応する、前記第2撮影データの第2色データに対し、前記照明光の特定の波長特性を用いて被写体の色を推定することで、第3色データを生成するステップ(S32)と、

前記第1撮影データに含まれる前記撮像可能な色域内の色データではないと評価された第1色データを対応する前記第3色データに置換することで、合成画像データを生成するステップ(S36)とを備える、撮像方法。

[20] 被写体(OBJ)に応じた各画素における前記複数の撮像素子の出力値からなる撮像データを出力する撮像装置(200)と、

前記被写体に照射される光の分光放射輝度を取得する分光放射輝度取得部(300)と、

前記被写体を第1照明環境下において撮像した第1撮像データと前記第1照明環境下における第1分光放射輝度とを用いて各画素における前記被写体の分光反射率を推定した上で、当該分光反射率と前記第1分光放射輝度とを用いて前記被写体の色を示す第1色空間上の第1色データを各画素について生成する第1色変換部(104)と、

前記被写体を第2照明環境下において撮像した第2撮像データと前記第2照明環境下における第2分光放射輝度とを用いて各画素における前記被写体の分光反射率を推定した上で、当該分光反射率と前記第1分光放射輝度とを用いて前記被写体の色を示す第1色空間上の第2色データを各画素について生成する第2色変換部(106)と、

前記撮像装置に含まれる複数の画素のうち第1群の画素に対応する第1色データと、前記第1群の画素を除いた残余の第2群の画素に対応する第2色データとに基づいて合成画像データを生成する合成部(116)とを備える、撮像システム。

[21] 前記第2色変換部は、前記第2群に分類される画素についてのみ前記第2色データを生成する、請求の範囲第20項に記載の撮像システム。

[22] 各画素についての前記第1色データが前記撮像装置で撮像可能な色域内に存在

するか否かを評価する評価部(112A)をさらに備え、

前記評価部は、前記撮像装置で撮像可能な色域内に存在する第1色データに対応する画素を前記第1群の画素に分類するとともに、前記撮像装置で撮像可能な色域内に存在しない第1色データに対応する画素を前記第2群の画素に分類する、請求の範囲第20項に記載の撮像システム。

[23] 前記被写体に向けて主波長が互いに異なる複数の照明光を選択的に照射可能な照明装置(400)をさらに備え、

前記評価部は、前記第1色データのうち前記撮像装置で撮像可能な色域外に存在するものがある場合に、前記照明装置から特定の照明光を前記被写体に向けて照射させて前記第2照明環境を形成する、請求の範囲第22項に記載の撮像システム。

[24] 前記評価部は、前記撮像装置で撮像可能な色域外に存在する前記第1色データに対応する画素の色が前記撮像装置で撮像可能な色域内に納まるように、前記特定の照明光を選択する、請求の範囲第23項に記載の撮像システム。

[25] 前記評価部は、前記撮像装置で撮像可能な色域外に存在する前記第1色データが前記第1色空間上のいずれの位置で色域外になっているかを評価し、当該位置に応じて前記特定の照明光を選択する、請求の範囲第24項に記載の撮像システム。

[26] 前記第1色空間上の前記合成画像データを第2色空間上の画像データに変換する第3色変換部(120)をさらに備える、請求の範囲第20項に記載の撮像システム。

[27] 前記第1色空間はXYZ表色系であり、前記第2色空間はRGB表色系である、請求の範囲第26項に記載の撮像システム。

補正された請求の範囲

[2009年6月4日 (04.06.2009) 国際事務局受理]

- [1] (補正後) 撮像装置(200)を用いて被写体(OBJ)を撮像することで、第1撮像データを取得するステップ(S2)と、
- 前記第1撮像データを取得する前記ステップにおいて取得された前記第1撮像データより第1色データを取得するステップ(S4, S6, S8, S10, S12)と、
- 前記第1色データが前記撮像装置で撮像可能な色域内に存在していたか否かを判断するステップ(S14)と、
- 前記第1色データが前記撮像可能な色域内に存在していなかったと判断された場合に、前記第1色データが前記色域上のいずれの位置で色域外になっているかに基づいて、前記第1色データが前記撮像可能な色域内に納まるように照明光を決定するステップ(S200, S204, S208)と、
- 決定された前記照明光を前記被写体に向けて照射するステップ(S20)と、
- 前記照明光の照射中に前記被写体を再度撮像することで、第2撮像データを取得するステップ(S22)と、
- 前記第2撮像データを取得する前記ステップにおいて取得された前記第2撮像データより第2色データを取得するステップ(S24)と、
- 前記第2色データに対して、前記照明光が照射する波長に基づいて前記被写体の推定色を決定するステップ(S30)と、
- 決定した前記推定色に従って画像データを出力するステップ(S32, S54, S56)とを備える、撮像方法。
- [2] (補正後) 前記照明光を決定する前記ステップは、主波長が互いに異なる複数の照明光のうちから前記照明光を決定するステップを含む、請求の範囲第1項に記載の撮像方法。
- [3] (補正後) 判断する前記ステップは、前記第1色データがXYZ表色系の第1色空間の色域内に存在するか否かを判断するステップを含み、
- 前記画像データを出力する前記ステップは、前記第1色空間において推定された前記被写体の前記推定色を、RGB表色系の第2色空間における画像データとして出力するステップを含む、

請求の範囲第1項に記載の撮像方法。

- [4] (補正後) 前記第1色データを取得する前記ステップは、前記照明光が照射される前の状態において、前記被写体に対して照射されている光の波長に基づいて、前記第1色データを取得するステップを含む、請求の範囲第1項に記載の撮像方法。
- [5] (補正後) 前記第1色データを取得する前記ステップは、前記被写体の分光反射率を推定するステップをさらに含む、請求の範囲第4項に記載の撮像方法。
- [6] (補正後) 被写体(OBJ)を撮像することで、撮像データを出力するための撮像装置(200)と、
前記撮像装置から出力される第1撮像データより第1色データを取得するための第1取得部(130, 134)と、
前記第1色データが前記撮像装置で撮像可能な色域内に存在していたか否かを判断するための判断部(112)とを備え、前記判断部は、前記第1色データが前記撮像可能な色域内に存在していなかったと判断された場合に、前記第1色データが前記色域上のいずれの位置で色域外になっているかに基づいて、前記第1色データが前記撮像可能な色域内に納まるように照明光を決定し、
決定された前記照明光を前記被写体に向けて照射するための照射装置(400)と、
前記照明光の照射中に前記撮像装置が前記被写体を再度撮像することで出力される第2撮像データより第2色データを取得するための第2取得部(130, 134)と、
前記第2色データに対して、前記照明光が照射する波長に基づいて前記被写体の推定色を決定するための決定部(130, 134)と、
決定した前記推定色に従って画像データを出力するための出力部(120, 122)とを備える、撮像システム。
- [7] (補正後) 前記判断部は、主波長が互いに異なる複数の照明光のうちから前記照明光を決定する、請求の範囲第6項に記載の撮像システム。
- [8] (補正後) 前記判断部は、前記第1色データがXYZ表色系の第1色空間の色域内に存在するか否かを判断し、
前記出力部は、前記第1色空間において推定された前記被写体の前記推定色を、RGB表色系の第2色空間における画像データとして出力する、

- 請求の範囲第6項に記載の撮像システム。
- [9] (補正後) 前記第1取得部は、前記照明光が照射される前の状態において、前記被写体に対して照射されている光の波長に基づいて、前記第1色データを取得する、請求の範囲第6項に記載の撮像システム。
- [10] (補正後) 前記第1取得部は、前記被写体の分光反射率を推定する、請求の範囲第9項に記載の撮像システム。
- [11] (補正後) 撮像装置(200)を用いて、第1照明環境下において被写体(OBJ)を撮像することで、第1撮像データを取得するステップ(S2)と、
前記第1撮像データを取得する前記ステップにおいて取得された前記第1撮像データより第1色データを取得するステップ(S4, S6, S8, S10, S12)と、
前記撮像装置を用いて、第2照明環境下において被写体を撮像することで、第2撮像データを取得するステップ(S22)と、
前記第2撮像データを取得する前記ステップにおいて取得された前記第2撮像データより第2色データを取得するステップ(S24)と、
前記第1色データに含まれる色の各々について、前記撮像装置で撮像可能な色域内に存在していたか否かを判断するステップ(S14)と、
対象の色が前記撮像可能な色域内に存在していたと判断された場合には、当該対象の色に対応する画素については当該対象の色を採用し、当該対象の色が前記撮像可能な色域内に存在していなかったと判断された場合には、当該対象の色の画素に対応する、前記第2色データの画素の色を採用することで、合成画像データを生成するステップ(S36)とを備える、撮像方法。
- [12] (補正後) 前記第2色データを取得する前記ステップは、前記合成画像データの生成に必要な画素についてのみ前記第2色データを生成するステップ(S36)を含む、請求の範囲第11項に記載の撮像方法。
- [13] (削除)

- [14] (補正後) 前記第1色データに含まれるいずれかの色が前記撮像可能な色域外に存在すると判断された場合に、主波長が互いに異なる複数の照明光のうちから、前記撮像可能な色域外に存在する当該色に応じて選択された照明光を前記被写体に対して照射することで、前記第2照明環境を形成するステップ(S202, S206, S210)とをさらに備える、請求の範囲第12項に記載の撮像方法。
- [15] (補正後) 前記撮像可能な色域外に存在する前記色が前記撮像可能な色域内に納まるように、前記複数の照明光のうち1つの照明光を選択するステップ(S200, S204, S208)をさらに備える、請求の範囲第14項に記載の撮像方法。
- [16] (補正後) 前記照明光を選択する前記ステップは、前記撮像可能な色域外に存在する前記色が前記色域上のいずれの位置で色域外になっているかに基づいて、前記照明光を選択するステップ(S104, S108, S112A)を含む、請求の範囲第15項に記載の撮像方法。
- [17] (補正後) 第1色空間における画像データとして出力される前記合成画像データを第2色空間上の画像データに変換するステップ(S38)をさらに備える、請求の範囲第11項に記載の撮像方法。
- [18] 前記第1色空間はXYZ表色系であり、前記第2色空間はRGB表色系である、請求の範囲第17項に記載の撮像方法。
- [19] (補正後) 撮像装置(200)を用いて被写体を撮像することで、第1撮像データを取得するステップ(S2)と、
前記第1撮像データを取得する前記ステップにおいて取得された前記第1撮像データより第1色データを取得するステップ(S4, S6, S8, S10, S12)と、
前記第1色データに含まれる色の各々について、前記撮像装置で撮像可能な色域内に存在していたか否かを判断するステップ(S14)と、
前記第1色データに含まれるいずれかの色が前記撮像可能な色域外に存在すると判断された場合に、主波長が互いに異なる複数の照明光のうちから、前記撮像可能な色域外に存在する当該色に応じて選択された照明光を前記被写体に対して照射するステップ(S20)と、

前記照明光の照射中に前記被写体を再度撮影し、第2撮像データを取得するステップ(S22)と、

前記第2撮像データを取得する前記ステップにおいて取得された前記第2撮像データより第2色データを取得するステップ(S24)と、

前記第1色データに含まれる前記撮像可能な色域内に存在していないと判断された色に対応する前記第2色データの画素の色に置換することで、合成画像データを生成するステップ(S36)とを備える、撮像方法。

[20] (補正後) 被写体(OBJ)に応じた各画素からの出力値からなる撮像データを出力する撮像装置(200)と、

前記被写体を第1照明環境下において撮像した第1撮像データから第1色データを取得するとともに、前記被写体を第2照明環境下において撮像した第2撮像データから第2色データを取得するための取得部(130, 134)と、

前記第1色データに含まれる色の各々について、前記撮像装置で撮像可能な色域内に存在していたか否かを判断するための判断部(112)と、

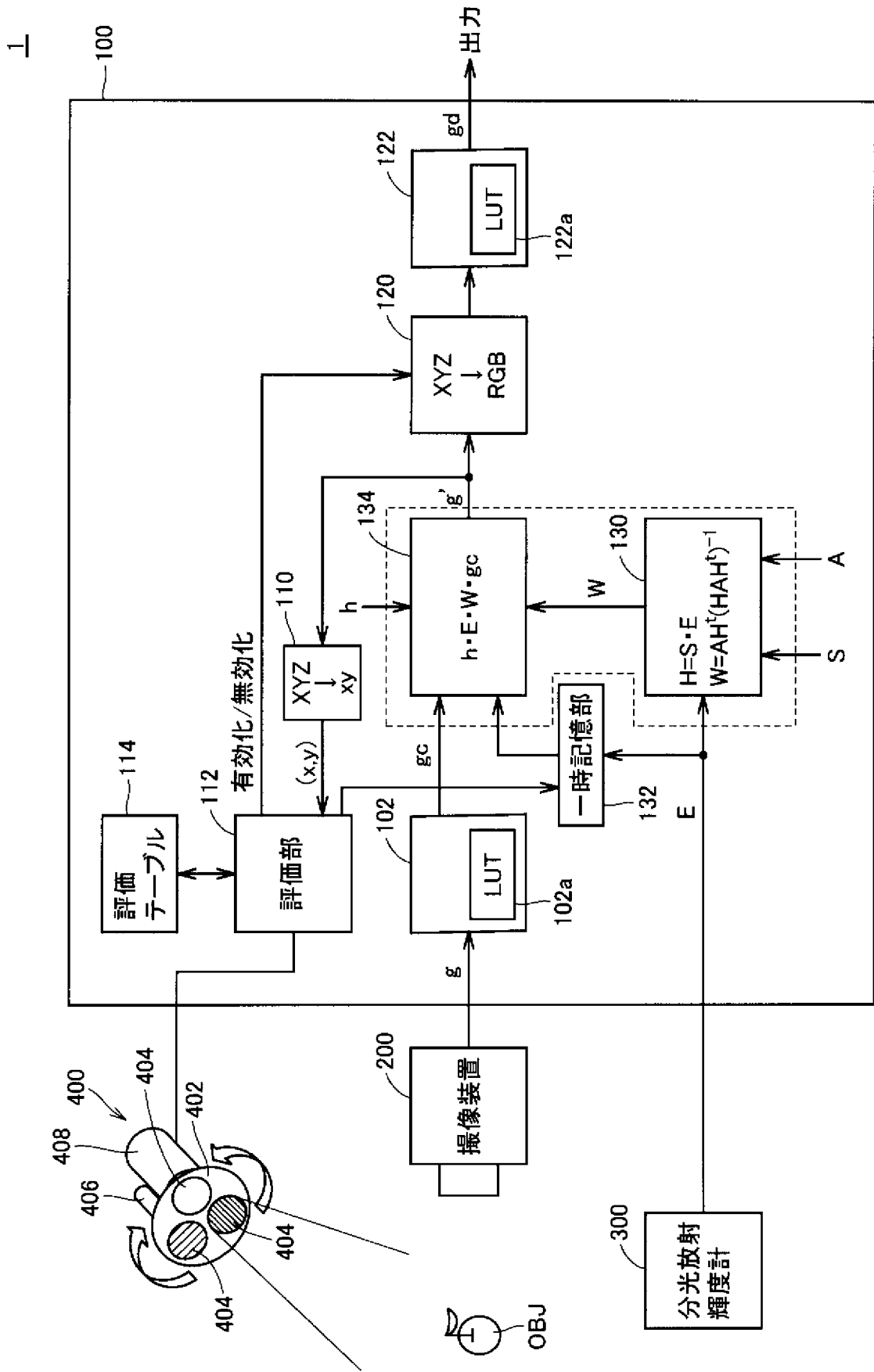
対象の色が前記撮像可能な色域内に存在していたと判断された場合には、当該対象の色に対応する画素については当該対象の色を採用し、当該対象の色が前記撮像可能な色域内に存在していなかったと判断された場合には、当該対象の色の画素に対応する、前記第2色データの画素の色を採用することで、合成画像データを生成する合成部(116)とを備える、撮像システム。

[21] (補正後) 前記取得部は、前記合成画像データの生成に必要な画素についてのみ前記第2色データを生成する、請求の範囲第20項に記載の撮像システム。

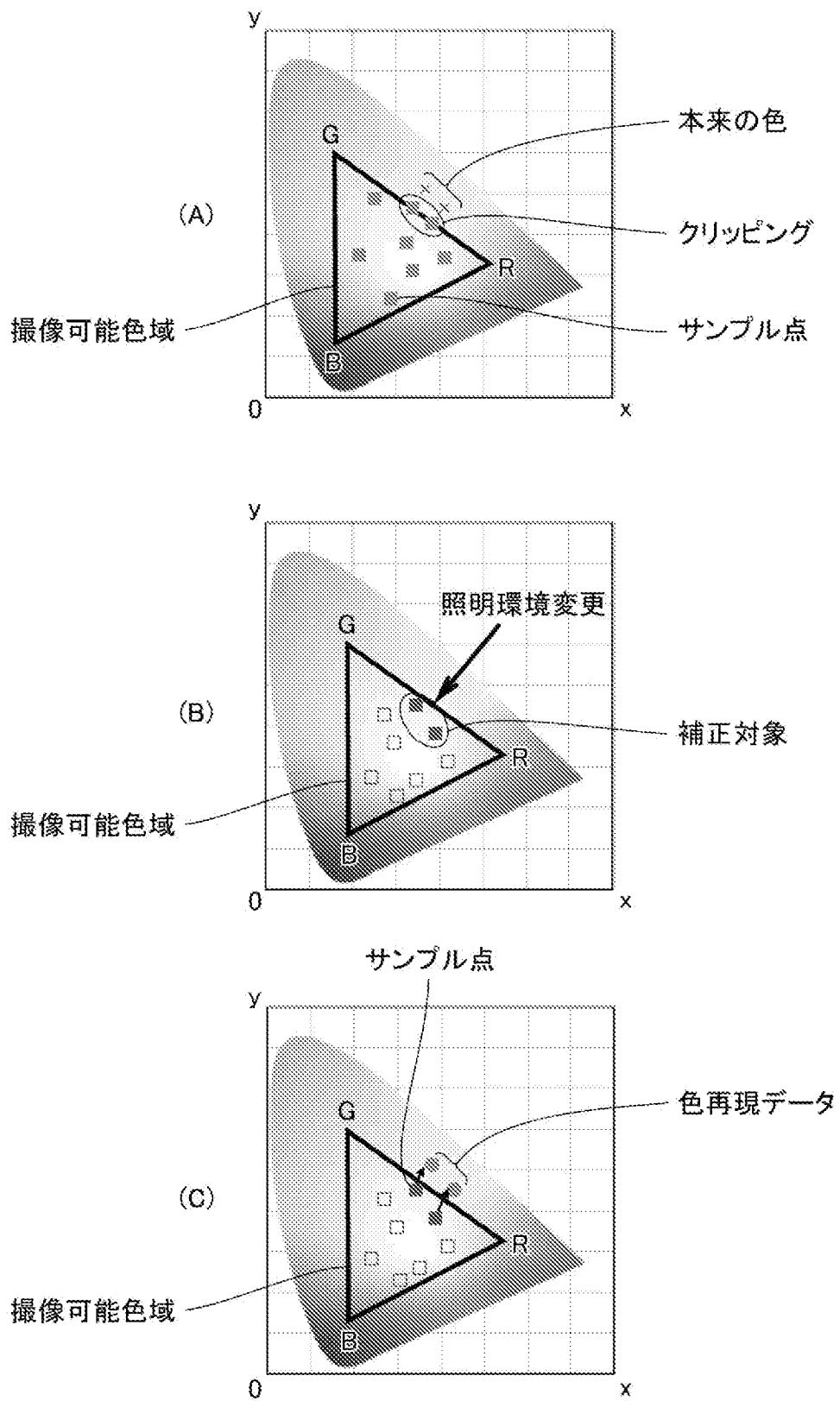
[22] (削除)

- [23] (補正後) 前記被写体に向けて主波長が互いに異なる複数の照明光を選択的に照射可能な照明装置(400)をさらに備え、
前記判断部は、前記第1色データに含まれるいずれかの色が前記撮像可能な色域外に存在すると判断された場合に、前記照明装置から前記撮像可能な色域外に存在する当該色に応じて選択された照明光を前記被写体に対して照射することで、前記第2照明環境を形成する、請求の範囲第21項に記載の撮像システム。
- [24] (補正後) 前記判断部は、前記撮像可能な色域外に存在する前記色が前記撮像可能な色域内に納まるように、前記複数の照明光のうち1つの照明光を選択する、請求の範囲第23項に記載の撮像システム。
- [25] (補正後) 前記判断部は、前記撮像可能な色域外に存在する前記色が前記色域上のいずれの位置で色域外になっているかに基づいて、前記照明光を選択する、請求の範囲第24項に記載の撮像システム。
- [26] (補正後) 第1色空間における画像データとして出力される前記合成画像データを第2色空間上の画像データに変換する変換部(120)をさらに備える、請求の範囲第20項に記載の撮像システム。
- [27] 前記第1色空間はXYZ表色系であり、前記第2色空間はRGB表色系である、請求の範囲第26項に記載の撮像システム。

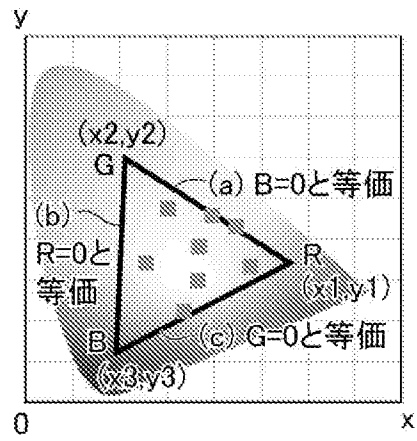
図1



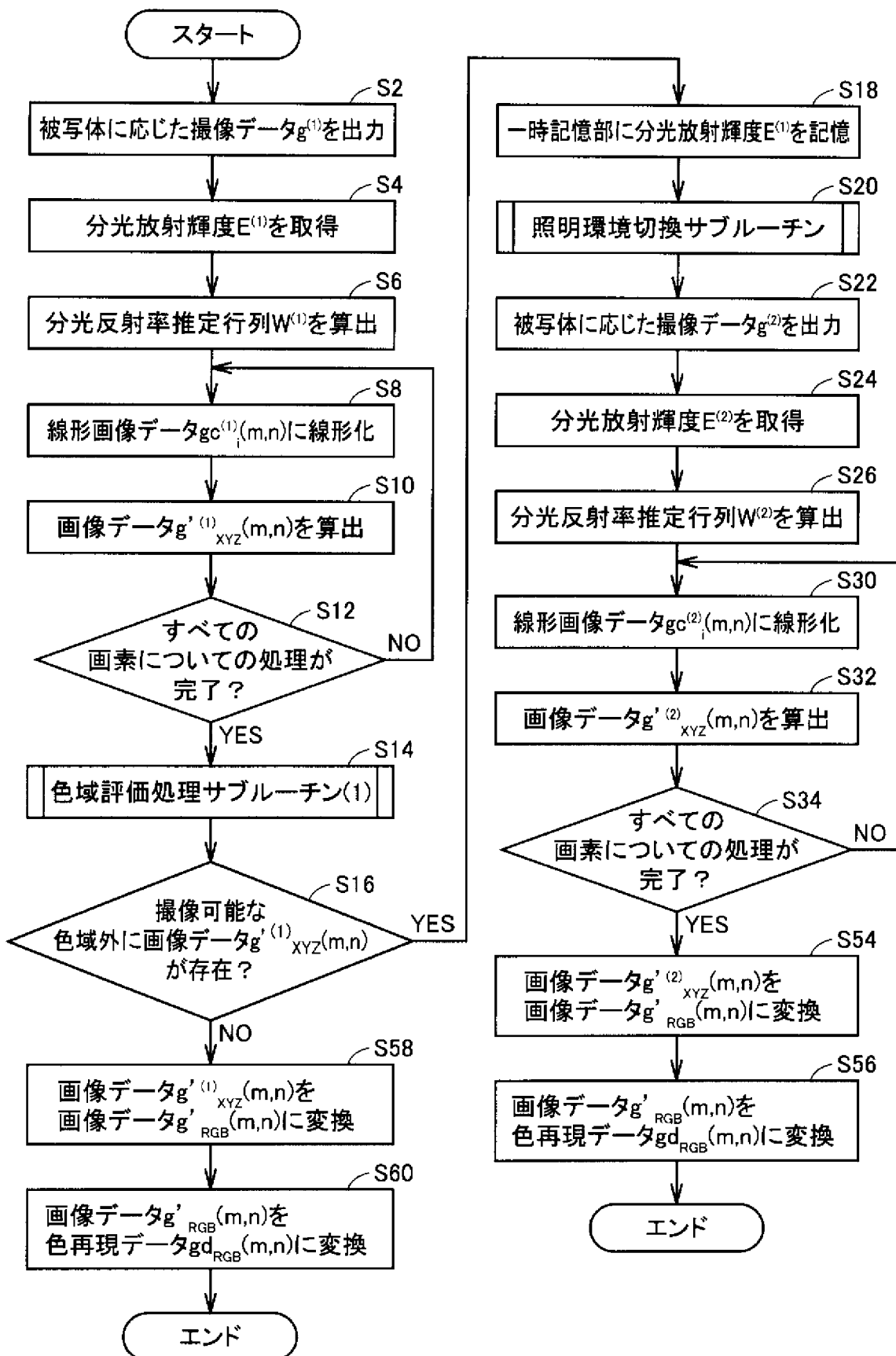
[図2]



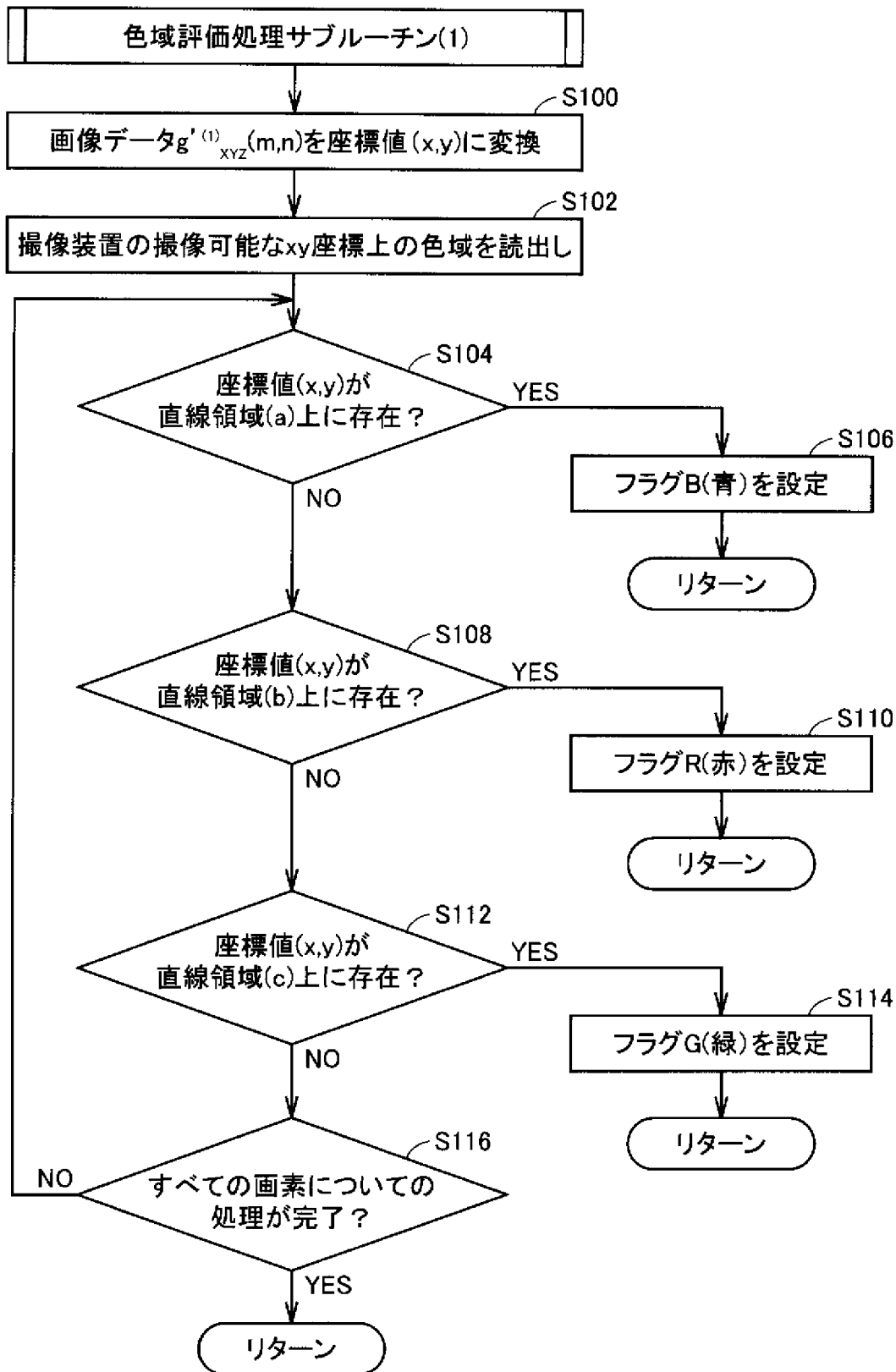
[図3]



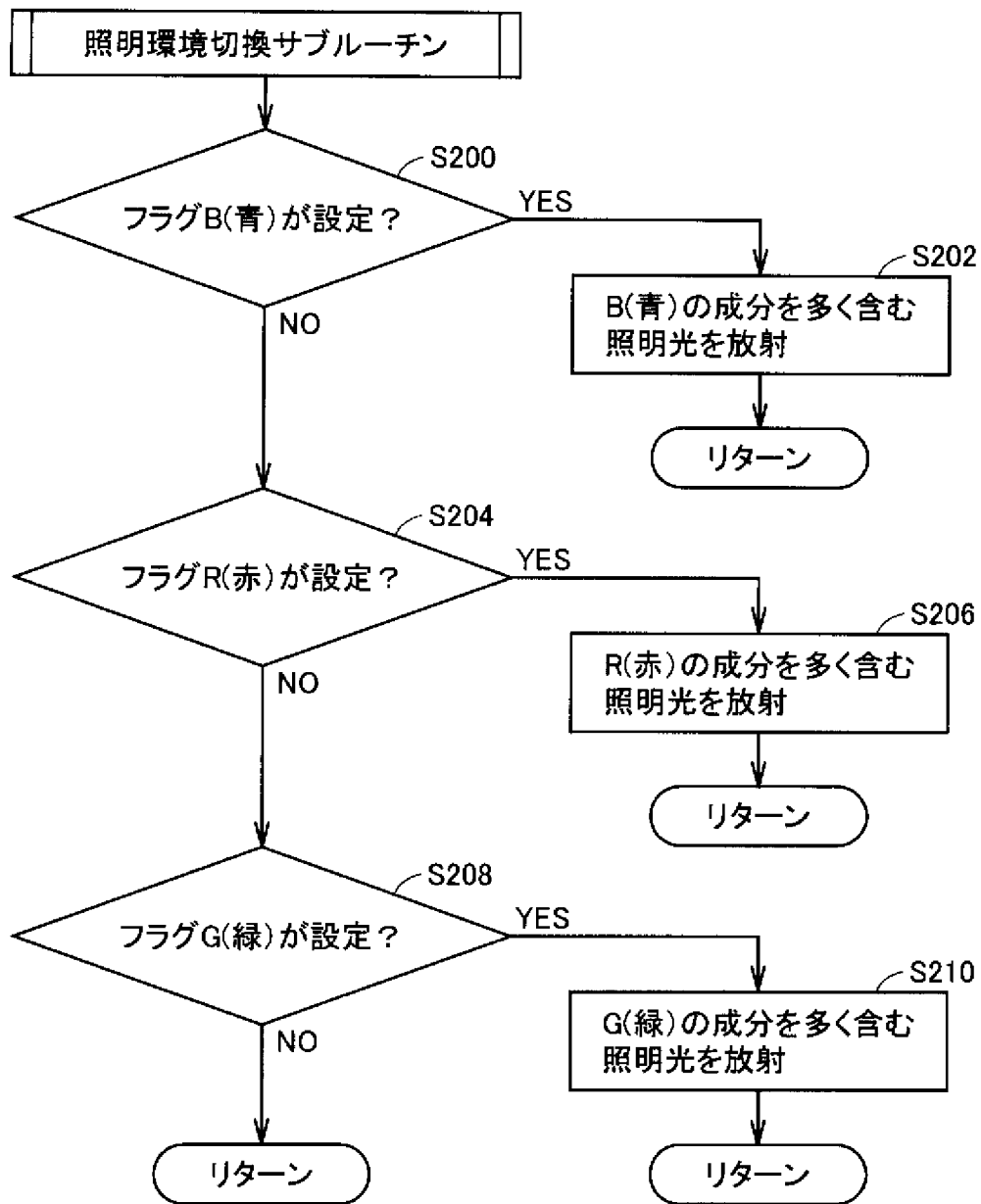
[図4]



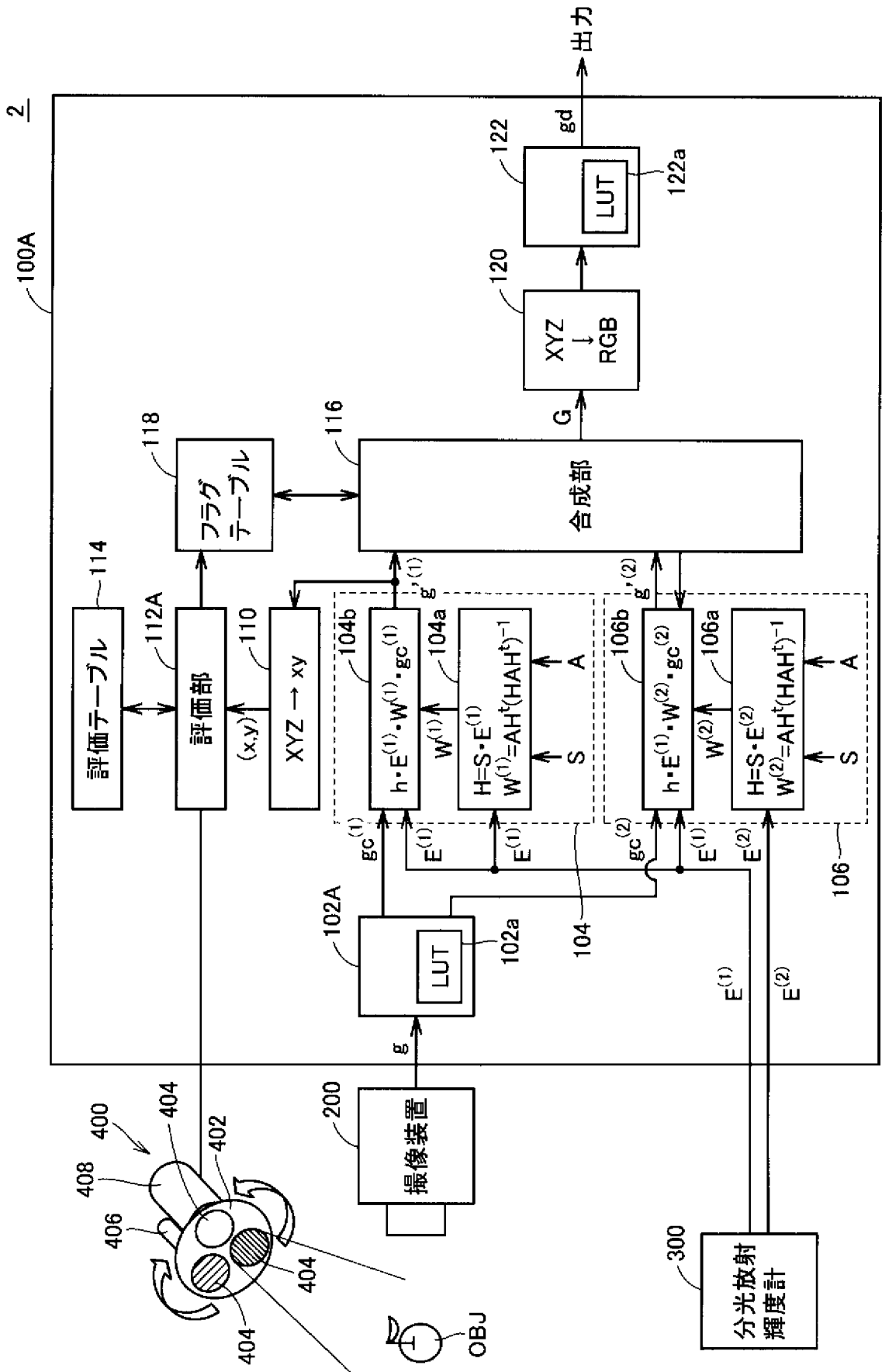
[図5]



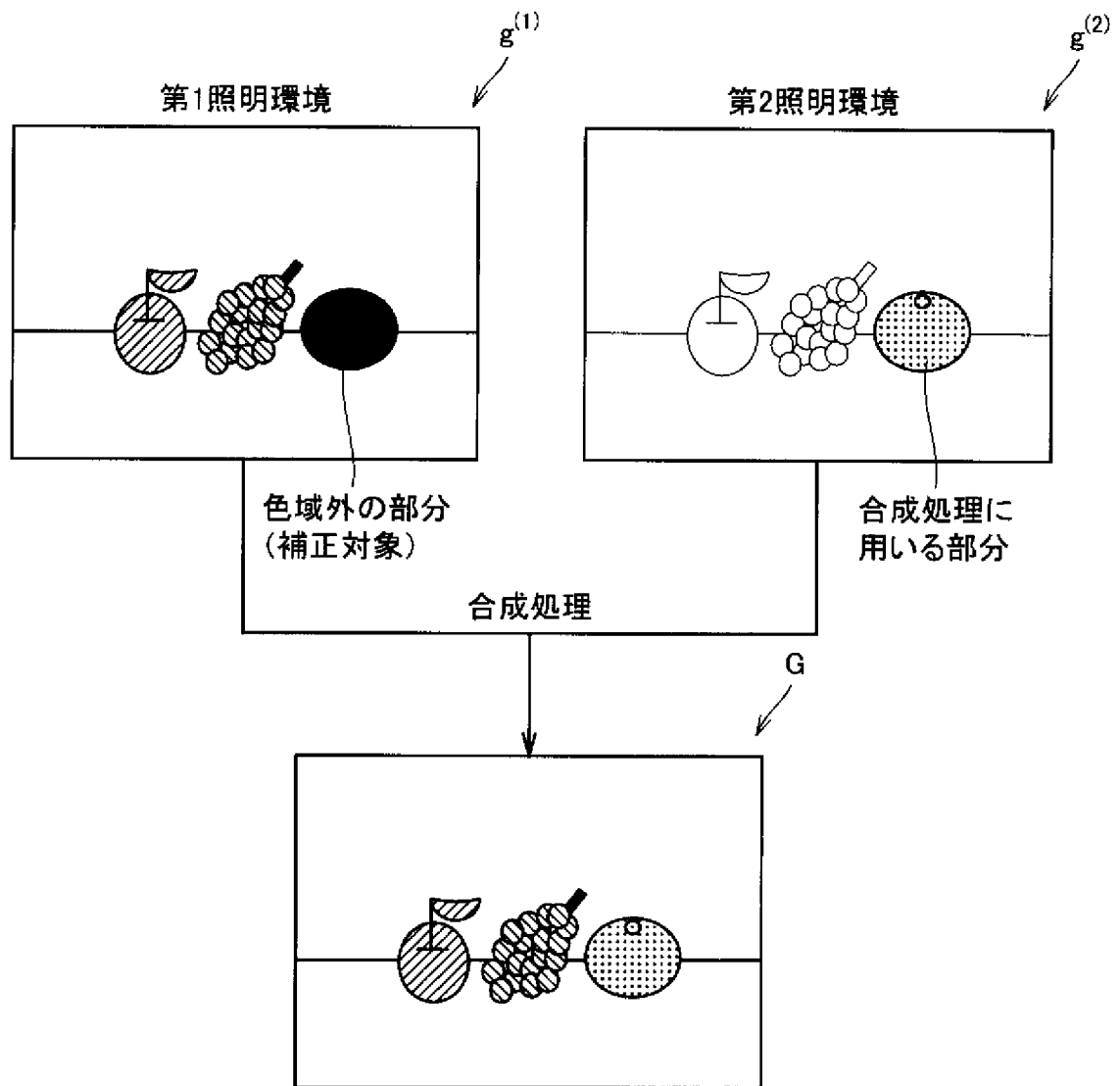
[図6]



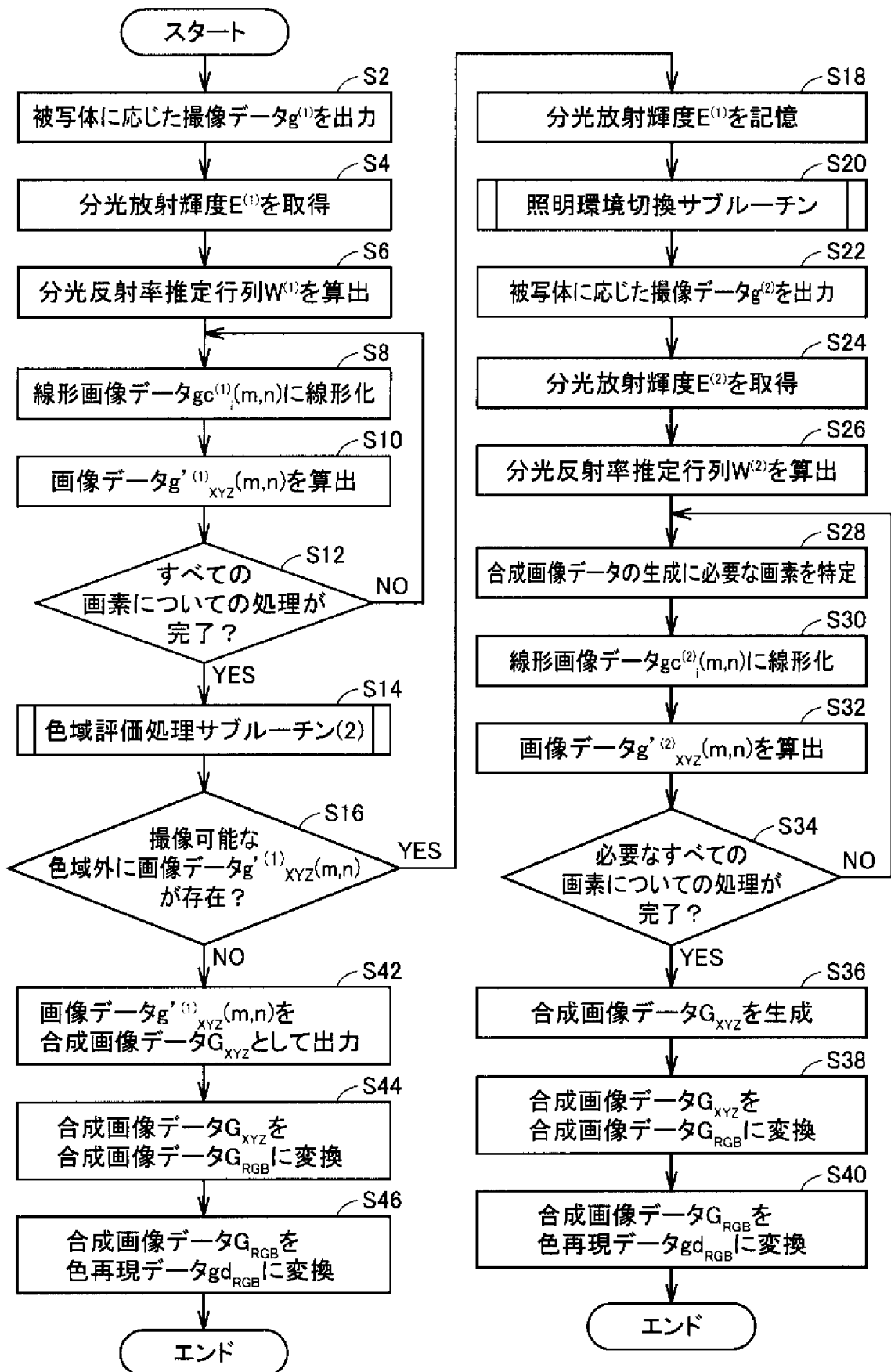
[図7]



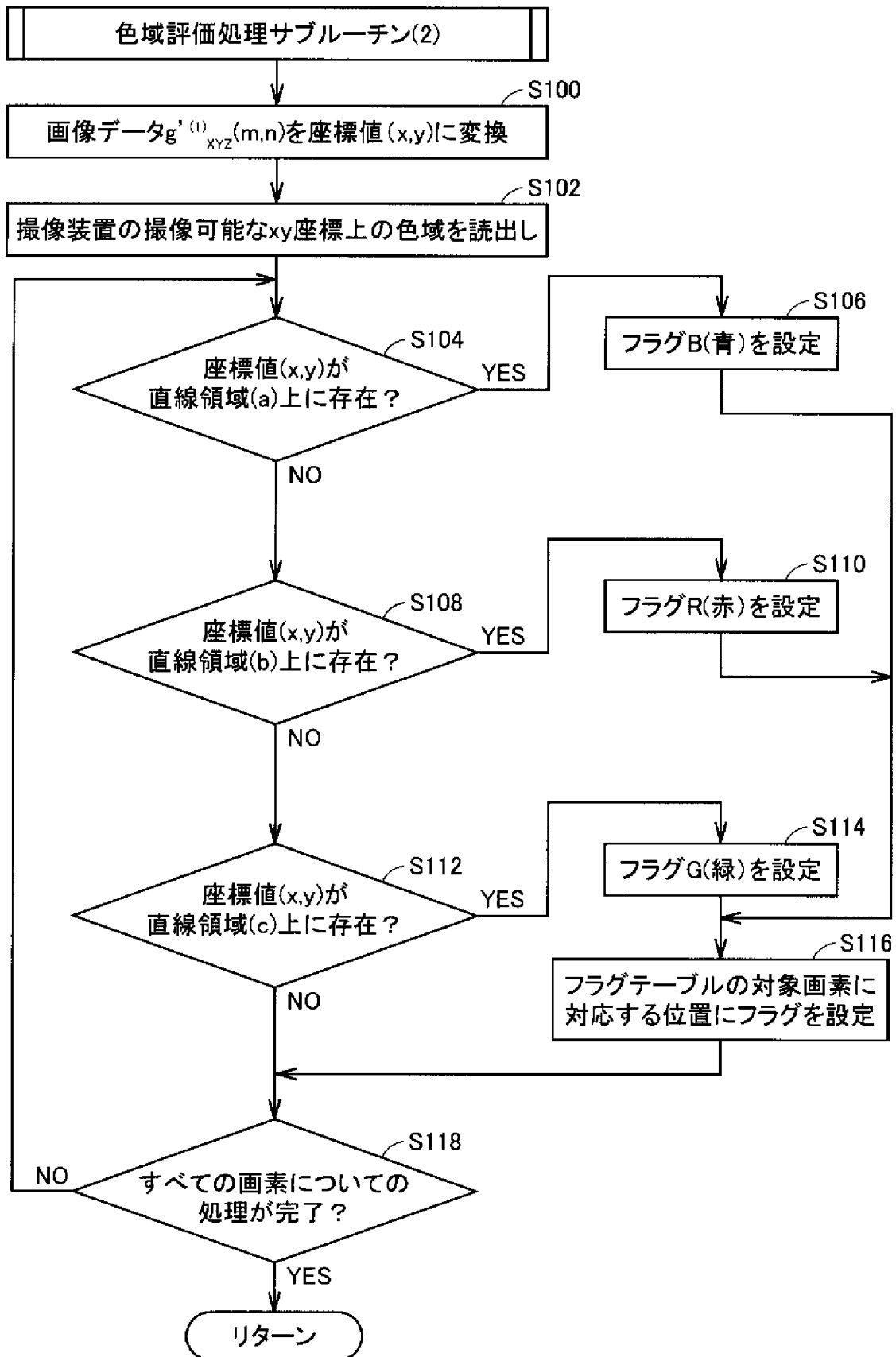
[図8]



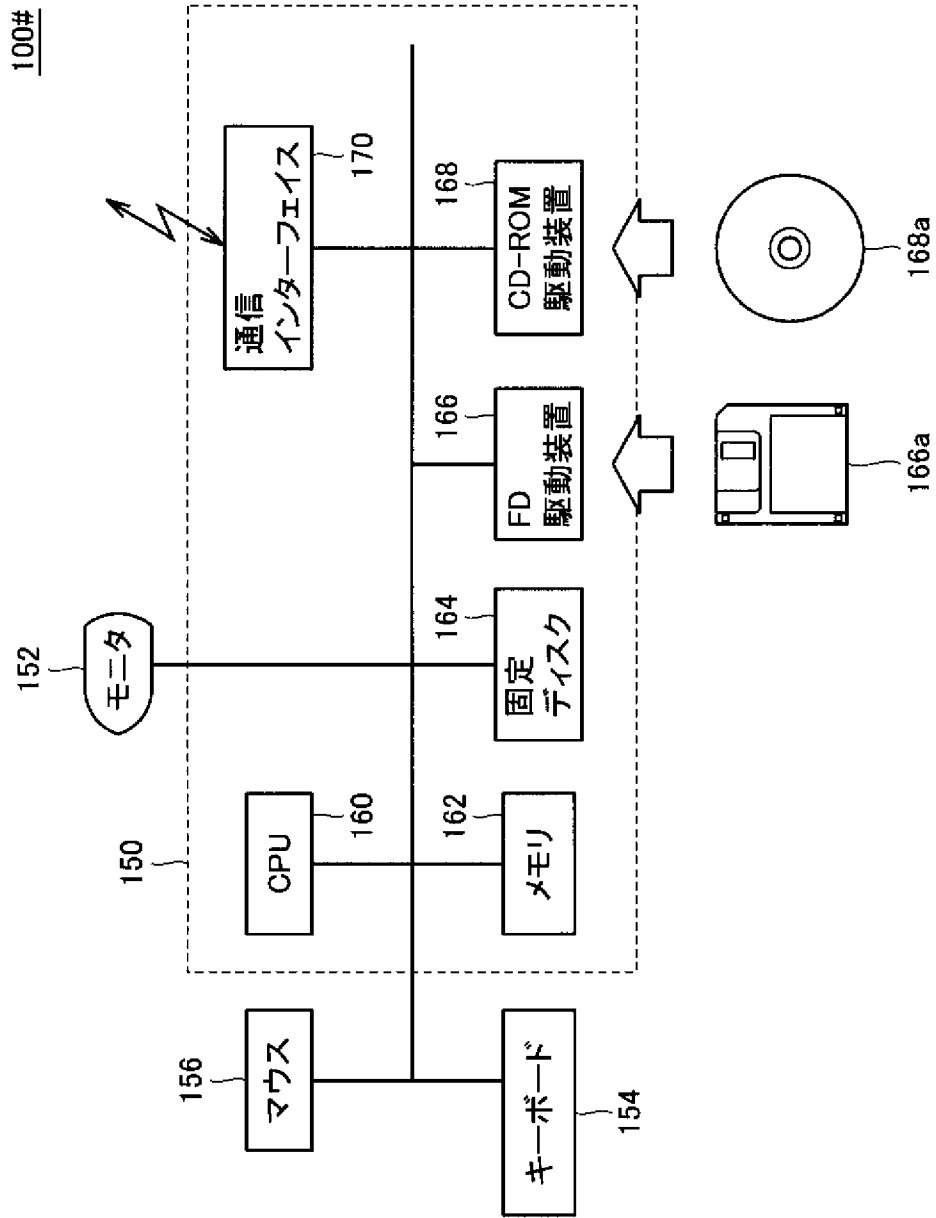
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/051245

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01J3/46 (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)

G01J3/00-G01J3/52

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	1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2009	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2009

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
$\frac{X}{Y}$	Toshinori MATSUMOTO et al., "Multi-band Camera o Mochiita Gazo no Kiroku to Saigen [Record and Reproduction of Images by Means of a Multi-band Camera]", Proceedings of the 2001 IEICE General Conference [PROCEEDINGS OF THE 2001 IEICE GENERAL CONFERENCE], Joho System 2, 07 March, 2001 (07.03.01), page 313	$\frac{1}{2-6, 8-15, 17-24, 26-27}$
Y	JP 11-341501 A (Seiko Epson Corp.), 10 December, 1999 (10.12.99), Claims 1, 4; Par. No. [0029]; Figs. 6 to 7	2-6, 8-10, 13-15, 19, 22-24
Y	JP 2007-274637 A (National Institute of Information and Communications Technology), 18 October, 2007 (18.10.07), Par. No. [0020]	11-15, 17-19, 20-24, 26-27

 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
17 February, 2009 (17.02.09)

Date of mailing of the international search report
03 March, 2009 (03.03.09)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/051245

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2004-289585 A (Japan Science and Technology Agency), 14 October, 2004 (14.10.04), Par. Nos. [0013] to [0031]; Figs. 1 to 2, 5	7,16,25
A	JP 1-078133 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 23 March, 1989 (23.03.89), Fig. 2; Claims	7,16,25

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2009/051245

JP 11-341501 A	1999.12.10	(Family: none)
JP 2007-274637 A	2007.10.18	(Family: none)
JP 2004-289585 A	2004.10.14	(Family: none)
JP 1-078133 A	1989.03.23	(Family: none)

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01J3/46(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. G01J3/00 - G01J3/52

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	1971-2009年
日本国実用新案登録公報	1996-2009年
日本国登録実用新案公報	1994-2009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)

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 請求の範囲の番号
X Y	松本敏範 他, “マルチバンドカメラを用いた画像の記録と再現 [Record and Reproduction of Images by Means of a Multi-band Camera]”, 電子情報通信学会 2001 年総合大会講演論文集 [PROCEEDINGS OF THE 2001 IEICE GENERAL CONFERENCE], 情報・システム 2, 2001.03.07, p.313	1 2-6, 8-15, 17-24, 26-27
Y	JP 11-341501 A (セイコーエプソン株式会社) 1999.12.10 請求項 1, 4, [0029], 図 6-7	2-6, 8-10, 13-15, 19, 22-24

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

の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

17.02.2009

国際調査報告の発送日

03.03.2009

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
 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)

高場 正光

電話番号 03-3581-1101 内線 3292

2W

2910

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 請求の範囲の番号
Y	JP 2007-274637 A (独立行政法人情報通信研究機構) 2007. 10. 18, [0020]	11-15, 17-19, 20-24, 26-27
A	JP 2004-289585 A (独立行政法人 科学技術振興機構) 2004. 10. 14 [0013]-[0031], 図 1-2, 5	7, 16, 25
A	JP 1-078133 A (日本電信電話株式会社) 1989. 03. 23, 図 2, 特許請求の範囲	7, 16, 25

JP 11-341501 A	1999. 12. 10	(ファミリーなし)
-----	-----	-----
JP 2007-274637 A	2007. 10. 18	(ファミリーなし)
-----	-----	-----
JP 2004-289585 A	2004. 10. 14	(ファミリーなし)
-----	-----	-----
JP 1-078133 A	1989. 03. 23	(ファミリーなし)
-----	-----	-----