

(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6月11日 (11.06.2009)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2009/072543 A1

(51) 国際特許分類:

H04N 9/04 (2006.01)  
G06T 1/00 (2006.01)  
H04N 1/46 (2006.01)

H04N 1/60 (2006.01)  
H04N 9/64 (2006.01)

Hiroshi) [JP/JP]; 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷二丁目43番2号オリンパス株式会社内 Tokyo (JP).

(21) 国際出願番号:

PCT/JP2008/072017

(22) 国際出願日:

2008年12月4日 (04.12.2008)

(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2007-316123 2007年12月6日 (06.12.2007) JP

(71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): オリンパス株式会社 (OLYMPUS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷二丁目43番2号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 鈴木 博 (SUZUKI,

(74) 代理人: 伊藤 進 (ITO, Susumu); 〒1600023 東京都新宿区西新宿七丁目4番4号 武蔵ビル Tokyo (JP).

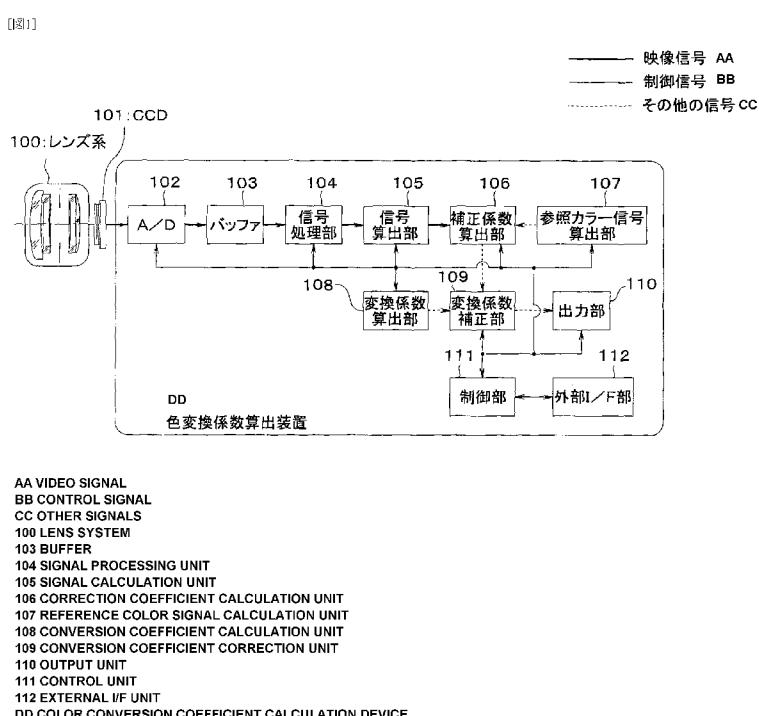
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, 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,

/ 続葉有 /

(54) Title: COLOR CONVERSION COEFFICIENT CALCULATION DEVICE, COLOR CONVERSION COEFFICIENT CALCULATION PROGRAM, AND COLOR CONVERSION COEFFICIENT CALCULATION METHOD

(54) 発明の名称: 色変換係数算出装置、色変換係数算出プログラム、色変換係数算出方法



(57) Abstract: Provided is a color conversion coefficient calculation device including: a conversion coefficient calculation unit (108) which calculates as a color conversion coefficient for converting a first color signal formed by a plurality of color signals into a second color signal formed by a plurality of color signals, a color conversion coefficient for converting a first spectral feature characteristic for the first color signal as a standard into a second spectral feature characteristic for the second color signal; a correction coefficient calculation unit (106) which calculates a correction coefficient for approximating the reference color signal which is the first color signal corresponding to a plurality of reference colors to a reference color signal obtained according to the first spectral feature in accordance with a plurality of reference colors; and a conversion coefficient correction unit (109) which corrects the color conversion coefficient by using the correction coefficient.

(57) 要約: 複数の色信号からなる第1のカラー信号を複数の色信号からなる第2のカラー信号に変換するための色変換係数として、第1のカラー信号を標準的に特徴付ける第1の分光特性を、第2のカラー信号を特徴付ける第2の分光特性に変換するための色変換係数を算出する変換係数算出部

(108) と、複数の基準色に対応する第1のカラー信号である基準カラー信号を複数の基準色に対応して第1の分光特性に基づき得られる参考カラー信号に近似するための補正係数を算出する補正係数算出部 (106) と、色変換係数を補正係数を用いて補正する変換係数補正部 (109) と、を備えた色変換係数算出装置。

WO 2009/072543 A1



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, MT, NL, 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:  
— 國際調查報告書

## 明細書

### 色変換係数算出装置、色変換係数算出プログラム、色変換係数算出方法

#### 技術分野

[0001] 本発明は、複数の色信号からなる第1のカラー信号を複数の色信号からなる第2のカラー信号に変換する色変換係数を算出するための色変換係数算出装置、色変換係数算出プログラム、色変換係数算出方法に関する。

#### 背景技術

[0002] デジタルカメラ等の撮像装置は、同一の被写体を異なる環境下で撮影した場合に、色再現が異なる場合があることが知られている。しかし実際には、このような場合に限らず、同一の被写体を同一の環境下で撮影した場合であっても、色再現が異なる場合がある。

[0003] 撮像装置は、例えばカラーフィルタを備えた撮像素子を用いて撮像を行うように構成されているが、カラーフィルタを含む撮像素子はその種類により分光特性等の色再現に係る特性が異なる。また、同一種類の撮像素子であっても、材料や製造過程、経時変化等でその特性が個体毎に変化していく。従って、このような特性の違いにより個々の撮像装置での色再現も異なってくる。色再現は、特に医療の分野では重要な要素の一つとして扱われており、色再現が異なると診断の妨げにもなり兼ねない。

[0004] このような課題を解決するために、近年様々な色補正技術が開発されていて、例えば、撮像装置個々には依存しない固定の色補正係数を用いて色補正を行う技術が提案されている。しかし、この技術は、撮像装置の個体毎の特性の違いに対応することができるものとはなっていない。

[0005] そこで例えば、特開2001-358960号公報には、第1の分光感度分布と第2の分光感度分布に基づいて、第1の分光感度分布で特徴付けられる信号を第2の分光感度分布で特徴付けられる信号に線形変換するための色補正係数を導出する技術が記載されている。この技術を個々の撮像装置毎に適用すれば、2つの分光感度分布間の差を吸収する最適な色補正係数を導出することが可能である。

- [0006] また、特開2005－117524号公報には、複数の撮像装置毎にカラーチャートを撮影して、撮影したカラーチャート間の画像データが一致するよう色補正係数を導出する技術が記載されている。
- [0007] しかしながら、上記特開2001－358960号公報に記載の技術では、撮像素子の個体毎の差異に対応して最適な色補正係数を導出するには、個々の撮像素子の分光感度分布を測定する必要があるために、測定の手間を考慮すると煩雑であり、製造コストの上昇につながってしまう。
- [0008] また、上記特開2005－117524号公報に記載の技術は、導出される色補正係数がカラーチャート上に存在する色の種類や数に依存することになるために、カラーチャート上にない色に関しては、高い精度で補正することができる保証はない。もし、色域全体の補正を高い精度で行おうとすると、多種多様な色を持つカラーチャートを準備する必要があり、そのような大規模なカラーチャートを作成したり測定したりすることは現実的に困難である。
- [0009] 本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、機種間の差だけでなく個体差にも応じた高精度な色変換処理を行い得る色変換係数を簡単に算出することが可能な色変換係数算出装置、色変換係数算出プログラム、色変換係数算出方法を提供することを目的としている。

### 発明の開示

#### 課題を解決するための手段

- [0010] 上記の目的を達成するために、本発明による色変換係数算出装置は、複数の色信号からなる第1のカラー信号を複数の色信号からなる第2のカラー信号に変換する色変換係数を算出するための色変換係数算出装置において、上記第1のカラー信号を上記第2のカラー信号に変換するための色変換係数として該第1のカラー信号を標準的に特徴付ける第1の分光特性を該第2のカラー信号を特徴付ける第2の分光特性に変換するための色変換係数を算出する色変換係数算出手段と、複数の基準色に対応する上記第1のカラー信号である基準カラー信号を上記複数の基準色に対応して上記第1の分光特性に基づき得られる参照カラー信号に近似するための補正係数を算出する補正係数算出手段と、上記色変換係数を上記補正係数を用いて

補正する係数補正手段と、を具備したものである。

[0011] また、本発明による色変換係数算出プログラムは、コンピュータに、複数の色信号からなる第1のカラー信号を複数の色信号からなる第2のカラー信号に変換する色変換係数を算出させるための色変換係数算出プログラムにおいて、コンピュータに、上記第1のカラー信号を上記第2のカラー信号に変換するための色変換係数として該第1のカラー信号を標準的に特徴付ける第1の分光特性を該第2のカラー信号を特徴付ける第2の分光特性に変換するための色変換係数を算出する色変換係数算出ステップと、複数の基準色に対応する上記第1のカラー信号である基準カラー信号を上記複数の基準色に対応して上記第1の分光特性に基づき得られる参照カラー信号に近似するための補正係数を算出する補正係数算出ステップと、上記色変換係数を上記補正係数を用いて補正する係数補正ステップと、を実行させるためのプログラムである。

[0012] さらに、本発明による色変換係数算出方法は、複数の色信号からなる第1のカラー信号を複数の色信号からなる第2のカラー信号に変換する色変換係数を算出するための色変換係数算出方法において、上記第1のカラー信号を上記第2のカラー信号に変換するための色変換係数として該第1のカラー信号を標準的に特徴付ける第1の分光特性を該第2のカラー信号を特徴付ける第2の分光特性に変換するための色変換係数を算出する色変換係数算出ステップと、複数の基準色に対応する上記第1のカラー信号である基準カラー信号を上記複数の基準色に対応して上記第1の分光特性に基づき得られる参照カラー信号に近似するための補正係数を算出する補正係数算出ステップと、上記色変換係数を上記補正係数を用いて補正する係数補正ステップと、を有する方法である。

### 図面の簡単な説明

- [0013] [図1]本発明の実施形態1における色変換係数算出装置の構成を示すブロック図。  
[図2]上記実施形態1における色パッチが配列された色票の構成例を示す図。  
[図3]上記実施形態1における色票の色パッチの分光透過率を示す線図。  
[図4]上記実施形態1におけるベイヤー型原色カラーフィルタの構成を示す図。  
[図5]上記実施形態1における光源の分光特性を示す線図。

[図6]上記実施形態1における撮像素子の対象分光特性を示す線図。

[図7]上記実施形態1における回転式フィルタの構成を示す図。

[図8]上記実施形態1の色変換係数算出方法における処理の流れを示すフローチャート。

[図9]本発明の実施形態2における色変換係数算出装置の構成を示すブロック図。

## 発明を実施するための最良の形態

[0014] 以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

[0015] [実施形態1]

図1から図8は本発明の実施形態1を示したものであり、図1は色変換係数算出装置の構成を示すブロック図、図2は色パッチが配列された色票の構成例を示す図、図3は色票の色パッチの分光透過率を示す線図、図4はベイヤー型原色カラーフィルタの構成を示す図、図5は光源の分光特性を示す線図、図6は撮像素子の対象分光特性を示す線図、図7は回転式フィルタの構成を示す図、図8は色変換係数算出方法における処理の流れを示すフローチャートである。

[0016] まず図1を参照して、色変換係数算出装置の構成について説明する。ここに、本実施形態の色変換係数算出装置は、撮像系を装着して後述するような複数の色パッチを配列した色票120(図2参照)を撮像し、撮像して得られた映像信号に基づき、装着した撮像系に対する色変換係数を算出するものとなっている。従って、図1には、この撮像系についても図示をしている。

[0017] まず、撮像系は、レンズ系100と、CCD101と、を備えている。

[0018] そして、色変換係数算出装置は、A／D変換部102と、バッファ103と、信号処理部104と、信号算出部105と、補正係数算出手段たる補正係数算出部106と、参照カラー信号算出部107と、色変換係数算出手段たる変換係数算出部108と、係数補正手段たる変換係数補正部109と、出力部110と、制御部111と、分光特性入力手段たる外部I／F部112と、を備えて構成されている。

[0019] レンズ系100は、被写体の光学像をCCD101に結像するためのものであり、撮像手段を構成している。

[0020] CCD101は、レンズ系100により結像された光学像を光電変換して映像信号を出

力する撮像素子であり、撮像手段を構成している。このCCD101は、A／D変換部102へ接続されるようになっている。

- [0021] A／D変換部102は、バッファ103、信号処理部104、信号算出部105、補正係数算出部106、変換係数補正部109をこの順に介して、出力部110へ接続されている。また、参照カラー信号算出部107は、補正係数算出部106へ接続されている。変換係数算出部108は、変換係数補正部109へ接続されている。
- [0022] 制御部111は、A／D変換部102、信号処理部104、信号算出部105、補正係数算出部106、参照カラー信号算出部107、変換係数算出部108、変換係数補正部109、出力部110、外部I／F部112と双方向に接続されていて、これらを制御するようになっている。
- [0023] A／D変換部102は、CCD101から出力されたアナログの映像信号をデジタルの映像信号に変換するものである。
- [0024] バッファ103は、A／D変換部102により変換されたデジタルの映像信号を一時的に保存するものである。
- [0025] 信号処理部104は、バッファ103から転送される映像信号に、三板化や明るさ補正等の信号処理を施すものである。
- [0026] 信号算出部105は、信号処理部104から転送される映像信号に基づき、色票120の色パッチ毎の平均RGB信号を基準RGB信号(基準カラー信号)として算出するものである。
- [0027] 参照カラー信号算出部107は、外部I／F部112から後述するように入力される対象分光特性と光源の分光特性と色パッチの分光透過率(分光特性)とに基づいて、基準RGB信号に対応する参照RGB信号(参照カラー信号)を算出するものである。
- [0028] 補正係数算出部106は、参照カラー信号算出部107から参照RGB信号を読み込んで、読み込んだ参照RGB信号と、信号算出部105から転送される基準RGB信号と、に基づいて補正係数を算出するものである。
- [0029] 変換係数算出部108は、外部I／F部112から後述するように入力される対象分光特性および目標分光特性に基づいて、変換係数を算出するものである。
- [0030] 変換係数補正部109は、変換係数算出部108から転送される変換係数を、補正係

数算出部106から転送される補正係数を用いて補正するものである。

- [0031] 出力部110は、変換係数補正部109から転送された補正後の変換係数を、例えばメモリーカード等の記録媒体に保存するものである。
- [0032] 制御部111は、例えばマイクロコンピュータ等により構成されていて、この色変換係数算出装置全体を統括的に制御するものである。
- [0033] 外部I/F部112は、電源スイッチ、シャッタボタン、分光特性(後述するような対象分光特性、目標分光特性、光源の分光特性、および色パッチの分光透過率)の情報等を入力するための入力装置等を備えたインターフェースである。
- [0034] 次に、図1に示したような色変換係数算出装置の作用を、信号の流れに沿って説明する。
- [0035] まず、色変換係数を算出する対象となる撮像系を色変換係数算出装置に取り付ける。本実施形態の図1に示したような構成においては、色変換係数を算出する対象となる撮像系は、レンズ系100およびCCD101により構成される撮像系である。
- [0036] そして、外部I/F部112を介して、色変換係数を算出する対象となる撮像素子の機種の代表的な分光特性(色変換係数を算出する対象となる撮像素子により得られたカラー信号を標準的に特徴付ける分光特性)(例えばカタログ等に記載された分光特性であり、以降では、対象分光特性という)と、色再現の目標となる撮像素子の分光特性(以降では、目標分光特性という)と、色パッチの分光透過率と、この色パッチを照明する光源の分光特性と、を入力する。
- [0037] さらに、レンズ系100により撮像可能な位置に、レンズ系100の光軸に対して垂直になるように色票120を設置して、外部I/F部112のシャッタボタンを押すことにより、色票120の撮影を行う。
- [0038] ここに、色票120は、本実施形態においては、予め定められた特定の狭帯域波長の光を透過する複数の色パッチを配した透過型の色票であるものとする。この色パッチの分光透過率の波長帯域幅を狭めることによって、撮像素子の分光特性の分布形状の特徴を高精度に抽出することが可能となる。
- [0039] 具体的には、色票120は、図2に示すように、基準色に各対応する分光透過率O<sup>1</sup>～O<sup>11</sup>までの11個の色パッチを面内に配列して構成されたものである。これらの各分

光透過率O<sup>1</sup>～O<sup>11</sup>は、図3に示すようになっている。すなわち、各分光特性O<sup>1</sup>～O<sup>11</sup>は、波長が400nm～700nmとなる範囲において、各ピーク波長が30nm間隔となるように構成されたものとなっている。さらに、各色パッチの分光透過率は、半値全幅30nmの山形の分布形状をなしているものとする。なお、半値全幅が30nmの色パッチに限る必要はなく、任意の半値全幅をもった色パッチを利用することも可能である。

- [0040] そして、このような透過型の色票120を用いて撮影を行うときには、色票120の背面側にライトボックス光源を設置して発光させる。これにより、色票120の背面側からレンズ系100およびCCD101へ向けて光が照射される。
- [0041] すると、レンズ系100を介して色票120の光学像がCCD101上に結像され、このCCD101により光電変換が行われて映像信号が出力される。なお、本実施形態においては、CCD101は、ベイヤー型の原色カラーフィルタを備えた単板CCDであることを見定している。
- [0042] ここで、ベイヤー型の原色カラーフィルタは、図4に示すように、2×2画素を基本単位として、対角方向にG(緑)画素を2つ、残りの対角方向の2画素にR(赤)画素とB(青)画素とをそれぞれ1つずつ、配置したものとなっている。
- [0043] このCCD101からの映像信号は、A／D変換部102によってデジタル信号へ変換され、バッファ103に一時的に保存される。従って、A／D変換部102を介してバッファ103に保存される映像信号は、1画素についてR信号、G信号、またはB信号の何れか1つの色信号のみが得られるRGB信号(RGBベイヤー信号)である。このバッファ103内のRGB信号は、信号処理部104へ転送される。
- [0044] 信号処理部104は、公知の補間処理を行うことにより、三板状態のRGB信号(すなわち、1画素についてR信号、G信号、およびB信号の全てがそろった状態のRGB信号)を生成する。さらに、信号処理部104は、三板状態のRGB信号に対して明るさ補正等の信号処理を行う。この信号処理部104により処理された映像信号は、信号算出部105へ転送される。
- [0045] 信号算出部105は、信号処理部104から転送されたRGB信号から、図2および図3に示したような色票120の各色パッチ毎の平均RGB信号(平均R信号、平均G信号、および平均B信号)を算出して(この平均RGB信号を基準RGB信号とする)、算出

した基準RGB信号を補正係数算出部106へ転送する。

- [0046] 参照カラー信号算出部107は、外部I/F部112から入力され、制御部111を通して転送される対象分光特性と光源の分光特性と色パッチの分光透過率に基づいて、基準RGB信号に対応する参照RGB信号を算出し、算出した参照RGB信号を補正係数算出部106へ転送する。
- [0047] 補正係数算出部106は、参照カラー信号算出部107から転送された参照RGB信号と、信号算出部105から転送された基準RGB信号と、に基づいて、補正係数を算出する。補正係数算出部106は、算出した補正係数を変換係数補正部109へ転送する。
- [0048] 変換係数算出部108は、外部I/F部112から入力され、制御部111を通して転送される対象分光特性および目標分光特性に基づいて、変換係数(色変換係数を算出する対象となる撮像素子と同一機種の代表的な分光特性の撮像素子により得られたRGB信号を、色再現の目標となる撮像素子により得られるRGB信号に近似する変換を行うための変換係数)を算出し、算出した変換係数を変換係数補正部109へ転送する。
- [0049] ここで、上述したように外部I/F部112を介して入力される対象分光特性は、CCD 101の機種を代表する分光特性であるものとする。具体的には、上述したように例えばカタログに記載されている分光特性を用いることができる。なお、代表的な分光特性としては、カタログに記載された分光特性に限るものではなく、例えば、CCD101として採用されている機種に属する特定の1つのCCD個体の分光特性を実際に測定して、この測定結果として得られた分光特性を用いても構わない。
- [0050] 一方、目標分光特性は、色再現の目標となる撮像素子を実測して得られた分光特性であっても構わないし、あるいはカタログに記載されている分光特性であっても良い。
- [0051] 変換係数補正部109は、補正係数算出部106から転送された補正係数に基づいて、変換係数算出部108から転送された変換係数を補正する。
- [0052] 出力部110は、変換係数補正部109から転送された補正後の変換係数を、メモリーカード等の記録媒体に記録して保存する。

- [0053] 次に、参照カラー信号算出部107の作用について説明する。
- [0054] 参照カラー信号算出部107は、外部I/F部112から制御部111を介して入力さ対象分光特性と光源の分光特性と色パッチの分光透過率とに基づいて、参照RGB信号を算出する。
- [0055] この参照RGB信号は、基準RGB信号と対応するものであって、予め測定してあるライトボックス型光源の分光特性(図5参照)と、色再現の対象となる撮像素子のカタログ等に記載された対象分光特性(図6参照)と、色票120の各色パッチの分光透過率と(図3参照)と、を波長成分毎にそれぞれ積算して、対象としている波長帯域(400nm～700nm)に関して足し合わせたものである。この参照RGB信号の算出は、具体的には次の数式1に示すように行われる。

[数1]

$$\begin{aligned} R_i^S &= \sum_{\lambda=400}^{700} S_{\lambda}^R \cdot L_{\lambda} \cdot O_{\lambda}^i \\ G_i^S &= \sum_{\lambda=400}^{700} S_{\lambda}^G \cdot L_{\lambda} \cdot O_{\lambda}^i \\ B_i^S &= \sum_{\lambda=400}^{700} S_{\lambda}^B \cdot L_{\lambda} \cdot O_{\lambda}^i \end{aligned}$$

ここで、 $R_i^S$ ,  $G_i^S$ ,  $B_i^S$ は参照RGB信号を、 $i$ は色票120の色パッチの識別番号を、 $S_{\lambda}^R$ ,  $S_{\lambda}^G$ ,  $S_{\lambda}^B$ は色再現の対象となる撮像素子のR画素, G画素, B画素それぞれのカタログ等に記載された対象分光特性を、 $L_{\lambda}$ は光源の分光特性を、 $O_{\lambda}^i$ は色パッチ*i*の分光透過率を、それぞれ示している。

- [0056] 上述において、 $\lambda$ は波長を表しており、上記各分光特性は、波長400nm～700nmの範囲を10nm間隔でサンプリングして得られたものであるとする。また、色パッチの総数をnとすると、色票120の色パッチの識別番号*i*が取り得る範囲は1～nであり、本実施形態においては図2および図3に示したようにnは11である。
- [0057] この参照カラー信号算出部107により算出された参照RGB信号は、補正係数算出部106へ出力される。
- [0058] 次に、補正係数算出部106の作用について、詳細に説明する。
- [0059] この補正係数算出部106は、参照カラー信号算出部107から転送された参照RGB

信号と、信号算出部105から転送された基準RGB信号と、に基づいて、補正係数(補正マトリックス係数)を、例えば次の数式2に示すように、参照RGB信号と基準RGB信号との間の最小自乗法により算出する。

[数2]

$$\min \sum_{i=1}^n |R_i^S - (a_1 \cdot R_i^O + a_2 \cdot G_i^O + a_3 \cdot B_i^O)|^2$$

$$\min \sum_{i=1}^n |G_i^S - (a_4 \cdot R_i^O + a_5 \cdot G_i^O + a_6 \cdot B_i^O)|^2$$

$$\min \sum_{i=1}^n |B_i^S - (a_7 \cdot R_i^O + a_8 \cdot G_i^O + a_9 \cdot B_i^O)|^2$$

ここで、 $R_i^O$ ,  $G_i^O$ ,  $B_i^O$ は基準RGB信号を示し、 $a_1 \sim a_9$ は補正マトリックス係数を表す。

[0060] このような補正マトリックス係数は、参照RGB信号の算出に用いたカタログ等の撮像素子の分光特性と、色票120の撮影に実際に用いた撮像素子の分光特性との間の差異(つまり、同一機種であっても生じる個体毎の差異)を吸収する役割をもつものとなっている。

[0061] こうして補正係数算出部106により算出された補正マトリックス係数 $a_1 \sim a_9$ は、変換係数補正部109へ転送される。

[0062] なお、数式2においては、補正マトリックス係数が線形な $3 \times 3$ のマトリックス係数であるとして算出を行っているが、 $R_i^O$ ,  $G_i^O$ ,  $B_i^O$ の高次の項(非線形項)を含むようなマトリックス係数であっても構わない。このときにも、高次のマトリックス係数を最小自乗法により算出することは、線形マトリックス係数の場合と同様である。すなわち、高次のマトリックス係数の算出は、例えば次の数式3に示すように行うことができる。

[数3]

$$\begin{aligned}
& \min \sum_{i=1}^n \left| R_i^S - (b_{11} \cdot R_i^O + b_{12} \cdot G_i^O + b_{13} \cdot B_i^O + b_{14} \cdot R_i^O \cdot G_i^O \right. \\
& \quad \left. + b_{15} \cdot G_i^O \cdot B_i^O + b_{16} \cdot B_i^O \cdot R_i^O + b_{17} \cdot R_i^{O2} + b_{18} \cdot G_i^{O2} + b_{19} \cdot B_i^{O2}) \right|^2 \\
& \min \sum_{i=1}^n \left| G_i^S - (b_{21} \cdot R_i^O + b_{22} \cdot G_i^O + b_{23} \cdot B_i^O + b_{24} \cdot R_i^O \cdot G_i^O \right. \\
& \quad \left. + b_{25} \cdot G_i^O \cdot B_i^O + b_{26} \cdot B_i^O \cdot R_i^O + b_{27} \cdot R_i^{O2} + b_{28} \cdot G_i^{O2} + b_{29} \cdot B_i^{O2}) \right|^2 \\
& \min \sum_{i=1}^n \left| B_i^S - (b_{31} \cdot R_i^O + b_{32} \cdot G_i^O + b_{33} \cdot B_i^O + b_{34} \cdot R_i^O \cdot G_i^O \right. \\
& \quad \left. + b_{35} \cdot G_i^O \cdot B_i^O + b_{36} \cdot B_i^O \cdot R_i^O + b_{37} \cdot R_i^{O2} + b_{38} \cdot G_i^{O2} + b_{39} \cdot B_i^{O2}) \right|^2 \\
& \min \sum_{i=1}^n \left| R_i^S \cdot G_i^S - (b_{41} \cdot R_i^O + b_{42} \cdot G_i^O + b_{43} \cdot B_i^O + b_{44} \cdot R_i^O \cdot G_i^O \right. \\
& \quad \left. + b_{45} \cdot G_i^O \cdot B_i^O + b_{46} \cdot B_i^O \cdot R_i^O + b_{47} \cdot R_i^{O2} + b_{48} \cdot G_i^{O2} + b_{49} \cdot B_i^{O2}) \right|^2 \\
& \min \sum_{i=1}^n \left| G_i^S \cdot B_i^S - (b_{51} \cdot R_i^O + b_{52} \cdot G_i^O + b_{53} \cdot B_i^O + b_{54} \cdot R_i^O \cdot G_i^O \right. \\
& \quad \left. + b_{55} \cdot G_i^O \cdot B_i^O + b_{56} \cdot B_i^O \cdot R_i^O + b_{57} \cdot R_i^{O2} + b_{58} \cdot G_i^{O2} + b_{59} \cdot B_i^{O2}) \right|^2 \\
& \min \sum_{i=1}^n \left| B_i^S \cdot R_i^S - (b_{61} \cdot R_i^O + b_{62} \cdot G_i^O + b_{63} \cdot B_i^O + b_{64} \cdot R_i^O \cdot G_i^O \right. \\
& \quad \left. + b_{65} \cdot G_i^O \cdot B_i^O + b_{66} \cdot B_i^O \cdot R_i^O + b_{67} \cdot R_i^{O2} + b_{68} \cdot G_i^{O2} + b_{69} \cdot B_i^{O2}) \right|^2 \\
& \min \sum_{i=1}^n \left| R_i^{S2} - (b_{71} \cdot R_i^O + b_{72} \cdot G_i^O + b_{73} \cdot B_i^O + b_{74} \cdot R_i^O \cdot G_i^O \right. \\
& \quad \left. + b_{75} \cdot G_i^O \cdot B_i^O + b_{76} \cdot B_i^O \cdot R_i^O + b_{77} \cdot R_i^{O2} + b_{78} \cdot G_i^{O2} + b_{79} \cdot B_i^{O2}) \right|^2 \\
& \min \sum_{i=1}^n \left| G_i^{S2} - (b_{81} \cdot R_i^O + b_{82} \cdot G_i^O + b_{83} \cdot B_i^O + b_{84} \cdot R_i^O \cdot G_i^O \right. \\
& \quad \left. + b_{85} \cdot G_i^O \cdot B_i^O + b_{86} \cdot B_i^O \cdot R_i^O + b_{87} \cdot R_i^{O2} + b_{88} \cdot G_i^{O2} + b_{89} \cdot B_i^{O2}) \right|^2 \\
& \min \sum_{i=1}^n \left| B_i^{S2} - (b_{91} \cdot R_i^O + b_{92} \cdot G_i^O + b_{93} \cdot B_i^O + b_{94} \cdot R_i^O \cdot G_i^O \right. \\
& \quad \left. + b_{95} \cdot G_i^O \cdot B_i^O + b_{96} \cdot B_i^O \cdot R_i^O + b_{97} \cdot R_i^{O2} + b_{98} \cdot G_i^{O2} + b_{99} \cdot B_i^{O2}) \right|^2
\end{aligned}$$

ここで、 $b_{11} \sim b_{99}$  は  $9 \times 9$  の高次のマトリックスの係数を表す。こうして、数式3に示す9つの式がそれぞれ最小になるときの  $b_{11} \sim b_{99}$  を算出すれば良い。

[0063] 次に、変換係数算出部108の作用について、詳細に説明する。

[0064] 変換係数算出部108は、外部I/F部112から入力される、色変換係数を算出する対象となる撮像素子のカタログ等に記載された対象分光特性  $S_{\lambda}^R$ ,  $S_{\lambda}^G$ ,  $S_{\lambda}^B$  を、色再現の目標となる撮像素子の目標分光特性  $T_{\lambda}^R$ ,  $T_{\lambda}^G$ ,  $T_{\lambda}^B$  に近似する変換を行うための変換マトリックス係数  $c_1 \sim c_9$  を、次の数式4に示すような最小自乗法により算出する。

[数4]

$$\begin{aligned} & \min \sum_{\lambda=400}^{700} |T_{\lambda}^R - (c_1 \cdot S_{\lambda}^R + c_2 \cdot S_{\lambda}^G + c_3 \cdot S_{\lambda}^B)|^2 \\ & \min \sum_{\lambda=400}^{700} |T_{\lambda}^G - (c_4 \cdot S_{\lambda}^R + c_5 \cdot S_{\lambda}^G + c_6 \cdot S_{\lambda}^B)|^2 \\ & \min \sum_{\lambda=400}^{700} |T_{\lambda}^B - (c_7 \cdot S_{\lambda}^R + c_8 \cdot S_{\lambda}^G + c_9 \cdot S_{\lambda}^B)|^2 \end{aligned}$$

変換係数算出部108により算出された変換マトリックス係数  $c_1 \sim c_9$  は、変換係数補正部109へ転送される。

[0065] なお、数式4においては、変換マトリックス係数が線形な  $3 \times 3$  のマトリックス係数であるとして算出を行っているが、 $S_{\lambda}^R$ ,  $S_{\lambda}^G$ ,  $S_{\lambda}^B$  の高次の項(非線形項)を含むようなマトリックス係数であっても構わない。このときにも、高次のマトリックス係数を最小自乗法により算出することは、線形マトリックス係数の場合と同様である。すなわち、高次のマトリックス係数の算出は、例えば次の数式5に示すように行うことができる。

[数5]

$$\begin{aligned}
& \min \sum_{\lambda=400}^{700} \left| T_{\lambda}^R - (d_{11} \cdot S_{\lambda}^R + d_{12} \cdot S_{\lambda}^G + d_{13} \cdot S_{\lambda}^B + d_{14} \cdot S_{\lambda}^R \cdot S_{\lambda}^G \right. \\
& \quad \left. + d_{15} \cdot S_{\lambda}^G \cdot S_{\lambda}^B + d_{16} \cdot S_{\lambda}^B \cdot S_{\lambda}^R + d_{17} \cdot S_{\lambda}^{R^2} + d_{18} \cdot S_{\lambda}^{G^2} + d_{19} \cdot S_{\lambda}^{B^2}) \right|^2 \\
& \min \sum_{\lambda=400}^{700} \left| T_{\lambda}^G - (d_{21} \cdot S_{\lambda}^R + d_{22} \cdot S_{\lambda}^G + d_{23} \cdot S_{\lambda}^B + d_{24} \cdot S_{\lambda}^R \cdot S_{\lambda}^G \right. \\
& \quad \left. + d_{25} \cdot S_{\lambda}^G \cdot S_{\lambda}^B + d_{26} \cdot S_{\lambda}^B \cdot S_{\lambda}^R + d_{27} \cdot S_{\lambda}^{R^2} + d_{28} \cdot S_{\lambda}^{G^2} + d_{29} \cdot S_{\lambda}^{B^2}) \right|^2 \\
& \min \sum_{\lambda=400}^{700} \left| T_{\lambda}^B - (d_{31} \cdot S_{\lambda}^R + d_{32} \cdot S_{\lambda}^G + d_{33} \cdot S_{\lambda}^B + d_{34} \cdot S_{\lambda}^R \cdot S_{\lambda}^G \right. \\
& \quad \left. + d_{35} \cdot S_{\lambda}^G \cdot S_{\lambda}^B + d_{36} \cdot S_{\lambda}^B \cdot S_{\lambda}^R + d_{37} \cdot S_{\lambda}^{R^2} + d_{38} \cdot S_{\lambda}^{G^2} + d_{39} \cdot S_{\lambda}^{B^2}) \right|^2
\end{aligned}$$

ここで、 $d_{11} \sim d_{39}$  は  $3 \times 9$  の高次のマトリックスの係数を表す。こうして、数式5に示す3つの式がそれぞれ最小になるときの  $d_{11} \sim d_{39}$  を算出すれば良い。

- [0066] 続いて、変換係数補正部109の作用について、詳細に説明する。
- [0067] 変換係数補正部109は、補正係数算出部106から得られた補正マトリックス係数を用いて、変換係数算出部108から得られた変換マトリックス係数の補正を行う。例えば、補正マトリックス係数が上述したような  $a_1 \sim a_9$  であり、かつ変換マトリックス係数が上述したような  $c_1 \sim c_9$  である場合には、変換係数補正部109は、補正後の変換マトリックス係数  $c'_1 \sim c'_9$  を、次の数式6に示すように算出する。

[数6]

$$\begin{pmatrix} c'_1 & c'_2 & c'_3 \\ c'_4 & c'_5 & c'_6 \\ c'_7 & c'_8 & c'_9 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_1 & c_2 & c_3 \\ c_4 & c_5 & c_6 \\ c_7 & c_8 & c_9 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ a_4 & a_5 & a_6 \\ a_7 & a_8 & a_9 \end{pmatrix}$$

ここで、線形な変換に対応する数式6が導かれる過程について、概要を説明する。

- [0068] 今、元的に求めたい色変換係数は、色変換係数を求めようとしている撮像素子によりある被写体を撮像したときに得られるRGB信号(これを  $R'G'B'$  信号とする)を、目標とする撮像素子により同一の被写体を撮像したときに得られるRGB信号(これを  $R^T G^T B^T$  信号とする)に変換するための色変換係数であって、しかも任意の被写体を撮像したときに用いることができるような色変換係数である。この色変換係数  $x_1 \sim x_9$

は、次の数式7に示すように表される。

[数7]

$$\begin{pmatrix} R^T \\ G^T \\ B^T \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_1 & x_2 & x_3 \\ x_4 & x_5 & x_6 \\ x_7 & x_8 & x_9 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{pmatrix}$$

ここに、任意の被写体の分光分布を  $f_\lambda$  とおくと、 $R^T G^T B^T$  信号は、次の数式8に示すように表される。

[数8]

$$\begin{cases} R^T = \sum_{\lambda=400}^{700} T_\lambda^R \cdot f_\lambda \\ G^T = \sum_{\lambda=400}^{700} T_\lambda^G \cdot f_\lambda \\ B^T = \sum_{\lambda=400}^{700} T_\lambda^B \cdot f_\lambda \end{cases}$$

また、色変換係数を求めようとしている撮像素子は、該撮像素子と同一機種のカタログに記載されている分光特性  $S_\lambda^R$ ,  $S_\lambda^G$ ,  $S_\lambda^B$  とは、個体差があり得る点で幾らか異なっているはずであるために、ダッシュを付して  $S'^R_\lambda$ ,  $S'^G_\lambda$ ,  $S'^B_\lambda$  と表すことになると、 $R' G' B'$  信号は、次の数式9に示すように表される。

[数9]

$$\begin{cases} R' = \sum_{\lambda=400}^{700} S'^R_\lambda \cdot f_\lambda \\ G' = \sum_{\lambda=400}^{700} S'^G_\lambda \cdot f_\lambda \\ B' = \sum_{\lambda=400}^{700} S'^B_\lambda \cdot f_\lambda \end{cases}$$

上述した数式7に示すような変換係数  $x_1 \sim x_9$  を求めたいところであるが、様々な分光分布を持つ任意の被写体に対して正確な変換を行うことができる変換係数を求めることは不可能である(というよりも、変換係数が定数として構成される場合には存在しない)。実際に、メタメリズム等を考えれば分かるように、同一の  $R' G' B'$  信号が得ら

れる被写体の分光分布は一般に1つではなく複数存在するが、これら複数の分光分布の被写体を色再現の目標とする撮像素子により撮像したときに、何れの被写体についても同一の $R^T G^T B^T$ 信号が得られるとは限らない。加えて、被写体が任意である場合には、全ての被写体に対して色の誤差を最小化するような変換係数(定数で構成される変換係数) $x_1 \sim x_9$ を求めることが困難である。

[0069] そこで、被写体の分光分布や被写体を照明する光源の分光特性といった条件が同一であれば、対象の撮像素子により得られるRGB信号を、目標の撮像素子により得られるRGB信号に変換するには、分光特性間の変換を行うことができれば良い、という近似を行う。すなわち、次の数式10に示すような分光特性間の変換を行う変換係数 $c'_1 \sim c'_9$ が分かるとすると、この変換係数 $c'_1 \sim c'_9$ を数式7に示した変換係数 $x_1 \sim x_9$ として代用することができるものと近似する。

[数10]

$$\begin{pmatrix} T_\lambda^R \\ T_\lambda^G \\ T_\lambda^B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c'_1 & c'_2 & c'_3 \\ c'_4 & c'_5 & c'_6 \\ c'_7 & c'_8 & c'_9 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} S'_\lambda^R \\ S'_\lambda^G \\ S'_\lambda^B \end{pmatrix}$$

ところで、数式10の右辺に現れる、変換係数を算出する対象となる撮像素子の分光特性 $S_\lambda^R$ ,  $S_\lambda^G$ ,  $S_\lambda^B$ は、全ての撮像素子の個体毎に測定することは現実的でないために、本実施形態においては既知の量ではない。今、既知であるといえるのは、対象となる撮像素子と同一機種の代表的な分光特性である $S_\lambda^R$ ,  $S_\lambda^G$ ,  $S_\lambda^B$ のみである。すなわち、算出可能であるのは、次の数式11に示すような変換係数 $c_1 \sim c_9$ である。

[数11]

$$\begin{pmatrix} T_\lambda^R \\ T_\lambda^G \\ T_\lambda^B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_1 & c_2 & c_3 \\ c_4 & c_5 & c_6 \\ c_7 & c_8 & c_9 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} S_\lambda^R \\ S_\lambda^G \\ S_\lambda^B \end{pmatrix}$$

ここで、仮に、次の数式12に示すような、変換係数を算出する対象となる撮像素子の分光特性 $S_\lambda^R$ ,  $S_\lambda^G$ ,  $S_\lambda^B$ から、カタログ等に記載されている同一機種の撮像素

子の分光特性 $S_{\lambda}^R$ ,  $S_{\lambda}^G$ ,  $S_{\lambda}^B$ への変換係数 $a_1 \sim a_9$ を知ることができたとしよう。

[数12]

$$\begin{pmatrix} S_{\lambda}^R \\ S_{\lambda}^G \\ S_{\lambda}^B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ a_4 & a_5 & a_6 \\ a_7 & a_8 & a_9 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} S'^R_{\lambda} \\ S'^G_{\lambda} \\ S'^B_{\lambda} \end{pmatrix}$$

すると、数式12を数式11に代入すれば、次の数式13を得る。

[数13]

$$\begin{pmatrix} T_{\lambda}^R \\ T_{\lambda}^G \\ T_{\lambda}^B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_1 & c_2 & c_3 \\ c_4 & c_5 & c_6 \\ c_7 & c_8 & c_9 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ a_4 & a_5 & a_6 \\ a_7 & a_8 & a_9 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} S'^R_{\lambda} \\ S'^G_{\lambda} \\ S'^B_{\lambda} \end{pmatrix}$$

この数式13を数式10と見比べれば、数式6が得られることが分かる。従って、今残された課題は、数式12に示すような変換係数 $a_1 \sim a_9$ を求めることである。

[0070] そこで、変換係数を算出する対象となる撮像素子の分光特性 $S'^R_{\lambda}$ ,  $S'^G_{\lambda}$ ,  $S'^B_{\lambda}$ から、カタログ等に記載されている同一機種の撮像素子の分光特性 $S_{\lambda}^R$ ,  $S_{\lambda}^G$ ,  $S_{\lambda}^B$ への変換係数 $a_1 \sim a_9$ が、次のようにして得られると近似する。

[0071] すなわち、図2に示したような色票120の各パッチを、変換係数を算出する対象となる撮像素子により撮像して得られたRGB信号(基準RGB信号 $R_i^O$ ,  $G_i^O$ ,  $B_i^O$ )から、カタログ等に記載されている同一機種の撮像素子の分光特性 $S_{\lambda}^R$ ,  $S_{\lambda}^G$ ,  $S_{\lambda}^B$ に基づき得られる参照RGB信号 $R_i^S$ ,  $G_i^S$ ,  $B_i^S$ への変換が、上記変換係数 $a_1 \sim a_9$ により行われるものと近似する。この近似を示すのが、数式2である。この数式2により算出した補正マトリックス係数 $a_1 \sim a_9$ を、数式12により求められる変換係数に代えて用いることができるために、数式6による算出を行うことが可能となる。

[0072] なお、高次のマトリックス係数の場合にも、考え方の流れは線形の場合とほぼ同様である。

[0073] 高次のマトリックス係数の場合は、数式6、数式7、数式10、数式11、数式12、数式13に対応する各式は、それぞれ以下に示すようになる。

[0074] まず、数式6は、次の数式14に示すようになる。

[数14]

$$\begin{pmatrix} d'_{11} & d'_{12} & \cdots & d'_{19} \\ d'_{21} & d'_{22} & \cdots & d'_{29} \\ d'_{31} & d'_{32} & \cdots & d'_{39} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} d_{11} & d_{12} & \cdots & d_{19} \\ d_{21} & d_{22} & \cdots & d_{29} \\ d_{31} & d_{32} & \cdots & d_{39} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{19} \\ b_{21} & b_{22} & \cdots & b_{29} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{91} & b_{92} & \cdots & b_{99} \end{pmatrix}$$

次に、数式7は、次の数式15に示すようになる。

[数15]

$$\begin{pmatrix} R^T \\ G^T \\ B^T \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{19} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{29} \\ x_{31} & x_{32} & \cdots & x_{39} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R' \\ G' \\ B' \\ R' \cdot G' \\ G' \cdot B' \\ B' \cdot R' \\ R'^2 \\ G'^2 \\ B'^2 \end{pmatrix}$$

さらに、数式10は、次の数式16に示すようになる。

[数16]

$$\begin{pmatrix} T_\lambda^R \\ T_\lambda^G \\ T_\lambda^B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} d'_{11} & d'_{12} & \cdots & d'_{19} \\ d'_{21} & d'_{22} & \cdots & d'_{29} \\ d'_{31} & d'_{32} & \cdots & d'_{39} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} S_\lambda'^R \\ S_\lambda'^G \\ S_\lambda'^B \\ S_\lambda'^R \cdot S_\lambda'^G \\ S_\lambda'^G \cdot S_\lambda'^B \\ S_\lambda'^B \cdot S_\lambda'^R \\ S_\lambda'^R{}^2 \\ S_\lambda'^G{}^2 \\ S_\lambda'^B{}^2 \end{pmatrix}$$

同様に、数式11は、次の数式17に示すようになる。

[数17]

$$\begin{pmatrix} T_\lambda^R \\ T_\lambda^G \\ T_\lambda^B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} d_{11} & d_{12} & \cdots & d_{19} \\ d_{21} & d_{22} & \cdots & d_{29} \\ d_{31} & d_{32} & \cdots & d_{39} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} S_\lambda^R \\ S_\lambda^G \\ S_\lambda^B \\ S_\lambda^{R \cdot S_\lambda^G} \\ S_\lambda^G \cdot S_\lambda^B \\ S_\lambda^B \cdot S_\lambda^R \\ S_\lambda^{R^2} \\ S_\lambda^{G^2} \\ S_\lambda^{B^2} \end{pmatrix}$$

そして、数式12は、次の数式18に示すようになる。

[数18]

$$\begin{pmatrix} S_\lambda^R \\ S_\lambda^G \\ S_\lambda^B \\ S_\lambda^{R \cdot S_\lambda^G} \\ S_\lambda^G \cdot S_\lambda^B \\ S_\lambda^B \cdot S_\lambda^R \\ S_\lambda^{R^2} \\ S_\lambda^{G^2} \\ S_\lambda^{B^2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{19} \\ b_{21} & b_{22} & \cdots & b_{29} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{91} & b_{92} & \cdots & b_{99} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} S'_\lambda^R \\ S'_\lambda^G \\ S'_\lambda^B \\ S'_\lambda^{R \cdot S'_\lambda^G} \\ S'_\lambda^G \cdot S'_\lambda^B \\ S'_\lambda^B \cdot S'_\lambda^R \\ S'_\lambda^{R^2} \\ S'_\lambda^{G^2} \\ S'_\lambda^{B^2} \end{pmatrix}$$

従って、数式13は、次の数式19に示すようになる。

[数19]

$$\begin{pmatrix} T_{\lambda}^R \\ T_{\lambda}^G \\ T_{\lambda}^B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} d_{11} & d_{12} & \cdots & d_{19} \\ d_{21} & d_{22} & \cdots & d_{29} \\ d_{31} & d_{32} & \cdots & d_{39} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{19} \\ b_{21} & b_{22} & \cdots & b_{29} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{91} & b_{92} & \cdots & b_{99} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} S_{\lambda}^{R} \\ S_{\lambda}^{G} \\ S_{\lambda}^{B} \\ S_{\lambda}^{R} \cdot S_{\lambda}^{G} \\ S_{\lambda}^{G} \cdot S_{\lambda}^{B} \\ S_{\lambda}^{B} \cdot S_{\lambda}^{R} \\ S_{\lambda}^{R^2} \\ S_{\lambda}^{G^2} \\ S_{\lambda}^{B^2} \end{pmatrix}$$

ここで、数式18に示すような補正マトリックス係数  $b_{11} \sim b_{99}$  を得るための近似式が、上述した数式3である。

- [0075] 従って、高次のマトリックス係数も、線形マトリックス係数と同様の方法で算出することができる(ただし、上述したのは2次項までを考慮した一例であり、例えば3次項、4次項等の更なる高次項までを考慮することも同様に可能である)。
- [0076] このようにして変換係数補正部109により算出された補正後の変換マトリックス係数は、出力部110へ転送されて、この出力部110によって記録媒体に記録して保存される。
- [0077] なお、上述では、撮像素子としてCCDを例に挙げているが、これに限るものではなく、CMOSやその他のタイプの撮像素子であってももちろん構わない。
- [0078] また、上述ではベイヤー型の原色カラーフィルタを備えた単板撮像素子を用いていたが、これに限定される必要なく、補色カラーフィルタを備えた単板撮像素子であっても構わないし、カラーフィルタが原色あるいは補色であるに限らず、互いに独立な複数の任意のカラー成分を有するカラーフィルタを備えた撮像素子であれば良い。
- [0079] 加えて、撮像素子も単板に限るものではなく、二板、三板、あるいはそれ以上の多板の撮像素子であっても構わない。
- [0080] また、上述では、透過型の色票120を用いているが、これに限定される必要はなく、例えば反射型の色票を用いることも可能である。この場合には、ライトボックス光源ではなく、別途の外部照明器具を用いて照明光を色票に照射することになる。

- [0081] さらに、図7に示すような円形状の回転式フィルタ130(各フィルタの分光特性は、図3のO<sup>1</sup>～O<sup>11</sup>に示したようなものであるとする)を撮像系(モノクロの撮像素子を備えた撮像系)におけるレンズ系100の前に設置して、この回転式フィルタ130を回転させることにより各色パッチの映像信号を時系列的に取得するように構成することも可能である。
- [0082] 加えて、任意の狭帯域波長の光を発光する例えばLED等を色パッチとして用いた発光型の色票を適用しても良い。
- [0083] ところで、上述ではハードウェアによる処理を前提としていたが、このような構成に限定されるものではない。例えば、CCD101からの映像信号を未処理のままのRawデータとしてコンピュータに入力し、別途のソフトウェアである色変換係数算出プログラムをコンピュータに実行させて処理することも可能である。
- [0084] さらにあるいは、色変換係数算出装置あるいは色変換係数算出プログラムに限らず、同様の処理を行う色変換係数算出方法であっても構わない。
- [0085] 図8を参照して、色変換係数算出方法における処理の流れについて説明する。
- [0086] この処理を開始すると、まず、色変換係数を算出する対象となる撮像素子により色票120を撮像することによって得られた未処理の映像信号を入力する(ステップS1)。
- 。
- [0087] 次に、ステップS1により得られた映像信号に対して、公知の補間処理を行うことにより三板状態の映像信号を生成し、その後に明るさ補正等を行う(ステップS2)。
- [0088] さらに、ステップS2により得られた映像信号から、色票120の各色パッチの平均RGB信号を算出する(ステップS3)。なお、ここで算出された平均RGB信号を、基準RGB信号とする。
- [0089] そして、色変換係数を算出する対象となる撮像素子の対象分光特性、色再現の目標となる撮像素子の目標分光特性、光源の分光特性、色票120の各色パッチの分光特性をそれぞれ入力する(ステップS4)。
- [0090] 次に、ステップS4により得られた対象分光特性と、光源の分光特性と、色票120の分光特性と、に基づいて、例えば式1に示したように参考RGB信号の算出を行う(ステップS5)。

- [0091] 続いて、ステップS3により得られた基準RGB信号と、ステップS5により得られた参照RGB信号と、に基づいて、例えば数式2に示したように補正係数の算出を行う(ステップS6)。
- [0092] さらに、ステップS4により得られた対象分光特性と目標分光特性とにに基づいて、例えば数式4に示したように変換係数の算出を行う(ステップS7)。
- [0093] その後、ステップS7により得られた変換係数に、ステップS6から得られた補正係数を例えば数式6に示したように乗算することにより、変換係数を補正して(ステップS8)、補正した変換係数の保存等を行ってからこの処理を終了する。
- [0094] なお、上述においては、撮像素子が3原色である場合を例に挙げて説明したが、2原色、あるいは4原色以上の多原色であっても、上述した技術を同様に適用することが可能である。そして、当然にして、3原色はRGBに限るものではない。また、原色数が同一の撮像素子同士の色変換を行うに限るものではなく、例えば4原色の撮像素子から3原色の撮像素子への色変換を行う、等の場合にも上述した技術を適用することができる。
- [0095] このような実施形態1によれば、対象分光特性と目標分光特性とにに基づいて標準的な変換係数を算出しているために、全ての色成分において概略妥当な変換係数を得ることができる。さらに、この標準的な変換係数を、色票120を撮影して得られた映像信号から算出した補正係数を用いて補正するようにしたために、撮像素子個々の分光特性の差を排除した最適な色変換係数を算出することが可能となる。
- [0096] そして、このような処理を行うようにしたために、撮像素子の個体毎に分光特性を測定することが不要になると共に、多種多様な色を配置した色票を用意して撮像することも不要になる。これらに代えて、幾つかの色パッチが配置されただけの色票120を撮像すれば済むために、色変換係数を補正するための情報を容易に取得することができ、工程を簡易化して生産効率を向上することが可能となる。
- [0097] また、カタログ等に記載された対象分光特性に基づいて参照カラー信号を算出する場合には、実装が容易であり、算出を簡易に行うことができる利点がある。
- [0098] さらに、変換係数を変換マトリックス係数として算出するとともに、補正係数を補正マトリックス係数として算出し、これらをマトリックス演算することにより補正された変換マト

リックス係数を算出するようにしたために、実装が容易であり、システムの低コスト化を図ることが可能となる。

[0099] そして、波長帯域幅の狭い色パッチ等を用いるようにしたために、分光特性の分布形状の特徴を高精度に抽出することが可能となる。

[0100] また、色パッチとして、LED等の発光型のものを用いることにより、別途の光源が不要になると共に、比較的精度の高い色票を安価に構成することが可能となる。

[0101] さらに、透過型カラーfiltrタを時系列的に介してモノクロの撮像素子により撮像して基準カラー信号を取得するようにした場合には、面順次型の撮像系に適合した基準カラー信号を簡便に取得することが可能となる。

[0102] 加えて、算出した色変換係数をデジタルカメラ等の撮像装置が有する色変換処理の係数に適用すれば、撮像素子個々に最適な色変換処理を撮像装置において行うことが可能となる。

#### [0103] [実施形態2]

図9は本発明の実施形態2を示したものであり、色変換係数算出装置の構成を示すブロック図である。この実施形態2において、上述の実施形態1と同様である部分については同一の符号を付して説明を省略し、主として異なる点についてのみ説明する。

[0104] 本実施形態の色変換係数算出装置は、上述した実施形態1の図1に示したような色変換係数算出装置における、変換係数算出部108を変換係数ROM113に、参照カラー信号算出部107を参照カラー信号ROM114に、それぞれ置換した構成になっている。そして、変換係数ROM113は変換係数補正部109へ、参照カラー信号ROM114は補正係数算出部106へそれぞれ接続されているが、これらは制御部111とは直接接続されている必要はない。その他の基本的な構成は、上述した実施形態1とほぼ同様である。

[0105] 次に、本実施形態の色変換係数算出装置の作用の内の、上述した実施形態1の色変換係数算出装置の作用と異なる部分について、図9における信号の流れに沿って説明する。

[0106] 色変換係数を算出する対象となる撮像素子の対象分光特性と、色再現の目標とな

る撮像素子の目標分光特性と、光源の分光特性と、色パッチの分光透過率と、が予め分かっている場合には、事前に参照RGB信号や変換係数を算出しておくことが可能である。そこで、このようにして予め算出された参照RGB信号が参照カラー信号ROM114に、変換係数が変換係数ROM113に、記録されているものとする。従って、本実施形態の構成においては、対象分光特性と目標分光特性と光源の分光特性と色パッチの分光透過率とを外部I/F部112を介して入力する手順は不要となる。

- [0107] 補正係数算出部106は、参照カラー信号ROM114から参照RGB信号を読み出して、例えば数式2に基づき、補正マトリックス係数 $a_1 \sim a_9$ を算出する。
- [0108] また、変換係数補正部109は、変換係数ROM113から所定の変換係数を読み出して、読み出した変換係数を、補正係数算出部106から得られる補正マトリックス係数によって例えば数式6に基づき補正する。
- [0109] これら以外の処理は、上述した実施形態1とほぼ同様である。
- [0110] このような実施形態2によれば、上述した実施形態1とほぼ同様の効果を奏すとともに、参照RGB信号や変換係数をROM等に予め記録しておくようにしたために、参照RGB信号や色変換係数を色変換係数算出装置内で算出する手間を省くことができ、その結果、効率的に作業性良く色変換係数を算出することが可能となる。
- [0111] なお、本発明は上述した実施形態そのままに限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化することができる。また、上記実施形態に開示されている複数の構成要素の適宜な組み合わせにより、種々の発明を形成することができる。例えば、実施形態に示される全構成要素から幾つかの構成要素を削除しても良い。さらに、異なる実施形態にわたる構成要素を適宜組み合わせても良い。このように、発明の主旨を逸脱しない範囲内において種々の変形や応用が可能であることは勿論である。
- [0112] 本出願は、2007年12月6日に日本国に出願された特願2007-316123号を優先権主張の基礎として出願するものであり、上記の開示内容は、本願明細書、請求の範囲、図面に引用されたものとする。

## 請求の範囲

- [1] 複数の色信号からなる第1のカラー信号を複数の色信号からなる第2のカラー信号に変換する色変換係数を算出するための色変換係数算出装置において、  
上記第1のカラー信号を上記第2のカラー信号に変換するための色変換係数として、該第1のカラー信号を標準的に特徴付ける第1の分光特性を、該第2のカラー信号を特徴付ける第2の分光特性に変換するための色変換係数を算出する色変換係数算出手段と、  
複数の基準色に対応する上記第1のカラー信号である基準カラー信号を、上記複数の基準色に対応して上記第1の分光特性に基づき得られる参照カラー信号に近似するための補正係数を算出する補正係数算出手段と、  
上記色変換係数を上記補正係数を用いて補正する係数補正手段と、  
を具備したことを特徴とする色変換係数算出装置。
- [2] 上記色変換係数算出手段は、上記色変換係数を、上記第1のカラー信号にマトリックス演算することにより上記第2のカラー信号が得られるような変換マトリックスを構成する変換マトリックス係数として算出するものであることを特徴とする請求項1に記載の色変換係数算出装置。
- [3] 上記補正係数算出手段は、上記補正係数を、上記基準カラー信号にマトリックス演算することにより上記参照カラー信号に近似するカラー信号が得られるような補正マトリックスを構成する補正マトリックス係数として算出するものであることを特徴とする請求項2に記載の色変換係数算出装置。
- [4] 上記係数補正手段は、上記補正された色変換係数を、上記変換マトリックス係数により構成される変換マトリックスに、上記補正マトリックス係数により構成される補正マトリックスをマトリックス演算することにより、補正された変換マトリックス係数として算出するものであることを特徴とする請求項3に記載の色変換係数算出装置。
- [5] 上記基準カラー信号は、上記複数の基準色に対応する複数色の色パッチを撮像することにより得られた第1のカラー信号であり、  
上記参照カラー信号は、上記複数色の色パッチの分光特性と上記第1の分光特性とにに基づき得られたカラー信号であることを特徴とする請求項1に記載の色変換係数

算出装置。

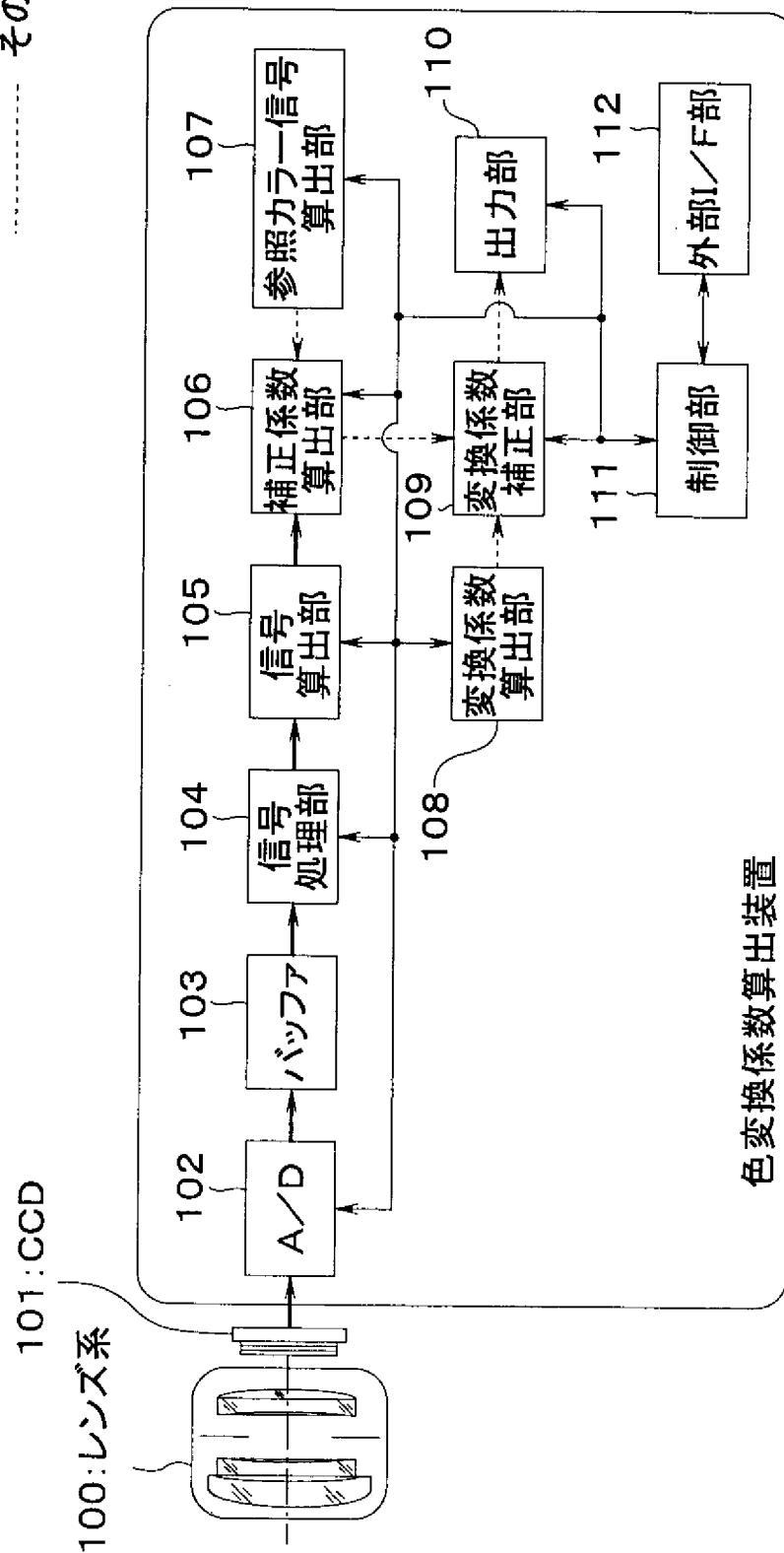
- [6] 上記色パッチは、特定の狭帯域の光を発光する色パッチであることを特徴とする請求項5に記載の色変換係数算出装置。
- [7] 上記色パッチは、特定の狭帯域の光を透過または反射する色パッチであり、  
上記基準カラー信号は、光源により照明された上記複数色の色パッチを撮像することにより得られた第1のカラー信号であり、  
上記参照カラー信号は、上記複数色の色パッチの分光特性と上記光源の分光特性と上記第1の分光特性とに基づき得られたカラー信号であることを特徴とする請求項5に記載の色変換係数算出装置。
- [8] 上記基準カラー信号は、光源により照明された上記複数の基準色に対応する複数色の透過型カラーフィルタを時系列的に介してモノクロの撮像手段により撮像することによって得られた第1のカラー信号であり、  
上記参照カラー信号は、上記複数色の透過型カラーフィルタの分光特性と上記光源の分光特性と上記第1の分光特性とに基づき得られたカラー信号であることを特徴とする請求項1に記載の色変換係数算出装置。
- [9] 上記第1の分光特性と上記第2の分光特性とを入力するための分光特性入力手段をさらに具備したことを特徴とする請求項1に記載の色変換係数算出装置。
- [10] コンピュータに、複数の色信号からなる第1のカラー信号を複数の色信号からなる第2のカラー信号に変換する色変換係数を算出させるための色変換係数算出プログラムにおいて、コンピュータに、  
上記第1のカラー信号を上記第2のカラー信号に変換するための色変換係数として、該第1のカラー信号を標準的に特徴付ける第1の分光特性を、該第2のカラー信号を特徴付ける第2の分光特性に変換するための色変換係数を算出する色変換係数算出ステップと、  
複数の基準色に対応する上記第1のカラー信号である基準カラー信号を、上記複数の基準色に対応して上記第1の分光特性に基づき得られる参照カラー信号に近似するための補正係数を算出する補正係数算出ステップと、  
上記色変換係数を上記補正係数を用いて補正する係数補正ステップと、

を実行させるための色変換係数算出プログラム。

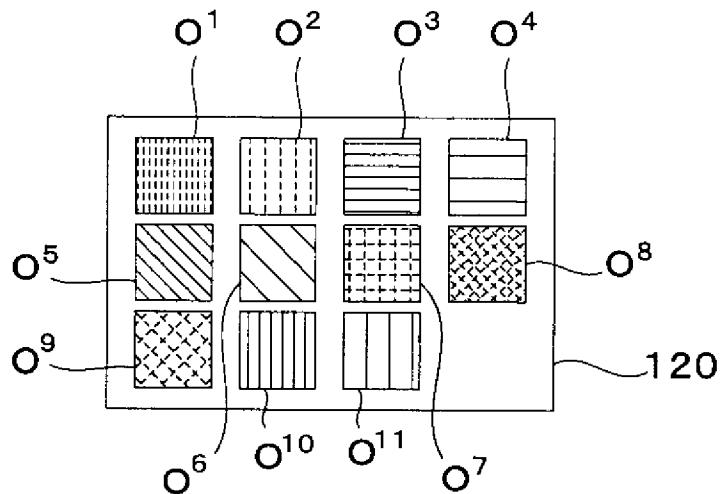
- [11] 複数の色信号からなる第1のカラー信号を複数の色信号からなる第2のカラー信号に変換する色変換係数を算出するための色変換係数算出方法において、  
上記第1のカラー信号を上記第2のカラー信号に変換するための色変換係数として、該第1のカラー信号を標準的に特徴付ける第1の分光特性を、該第2のカラー信号を特徴付ける第2の分光特性に変換するための色変換係数を算出する色変換係数算出ステップと、  
複数の基準色に対応する上記第1のカラー信号である基準カラー信号を、上記複数の基準色に対して上記第1の分光特性に基づき得られる参照カラー信号に近似するための補正係数を算出する補正係数算出ステップと、  
上記色変換係数を上記補正係数を用いて補正する係数補正ステップと、  
を有することを特徴とする色変換係数算出方法。

[図1]

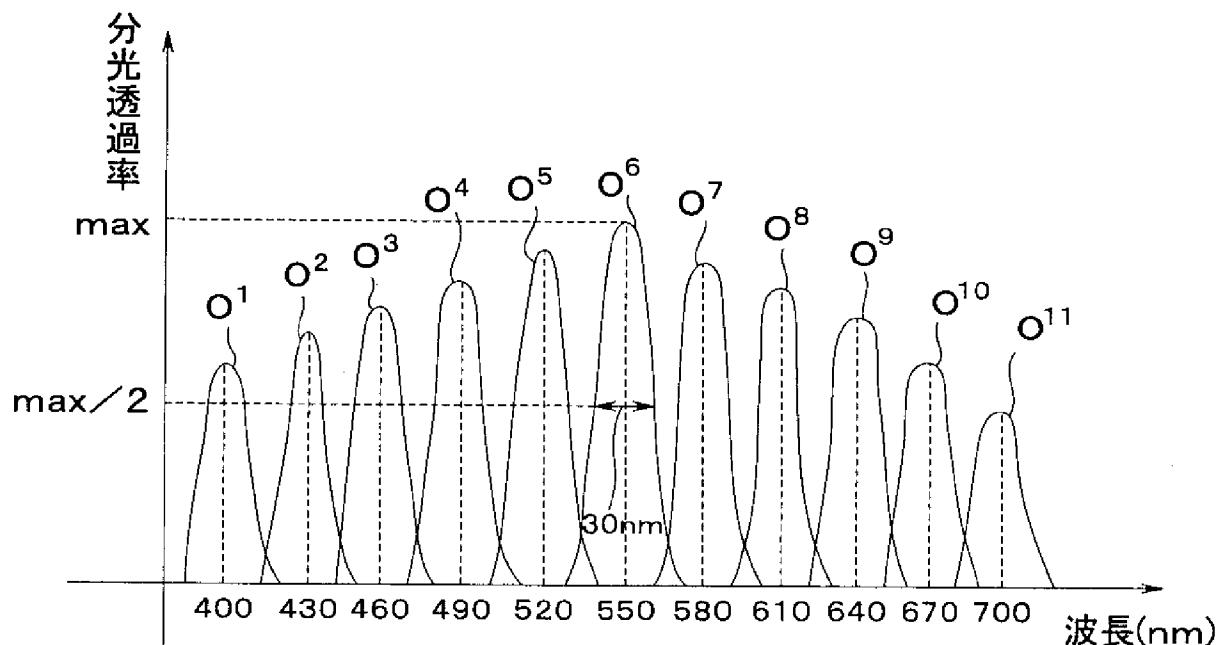
映像信号  
制御信号  
その他の信号



[図2]



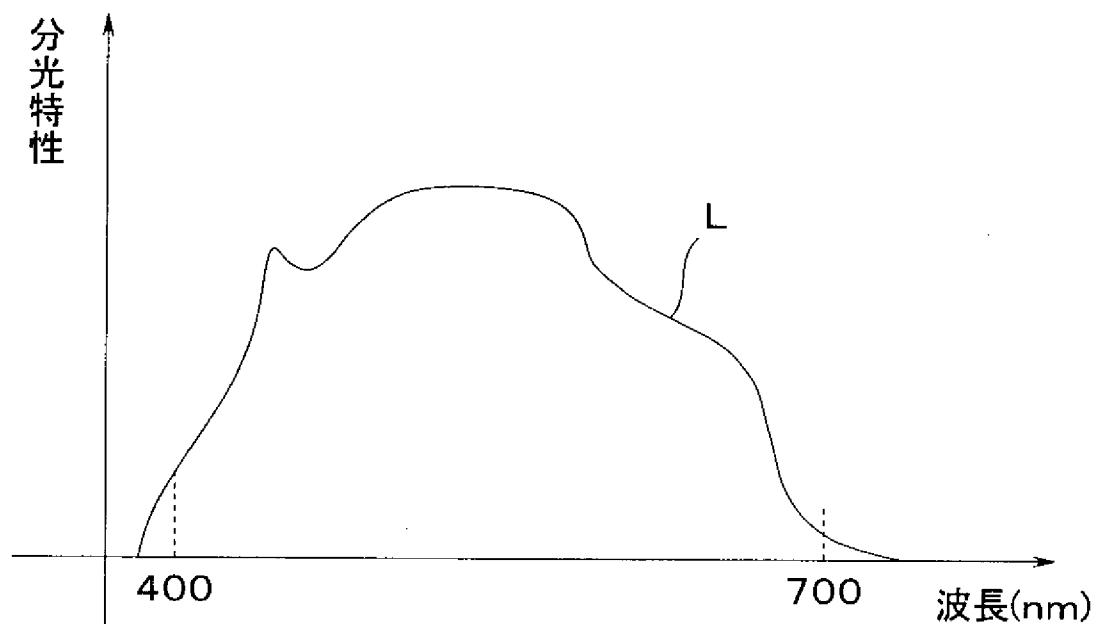
[図3]



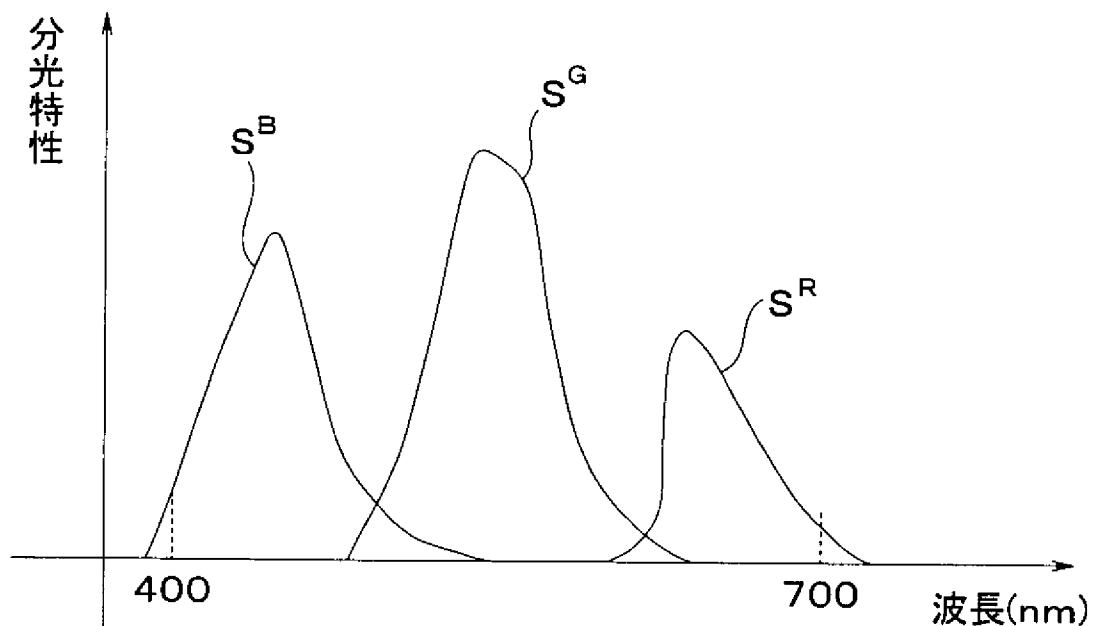
[図4]

R	G	R	G	R
G	B	G	B	G
R	G	R	G	R
G	B	G	B	G
R	G	R	G	R

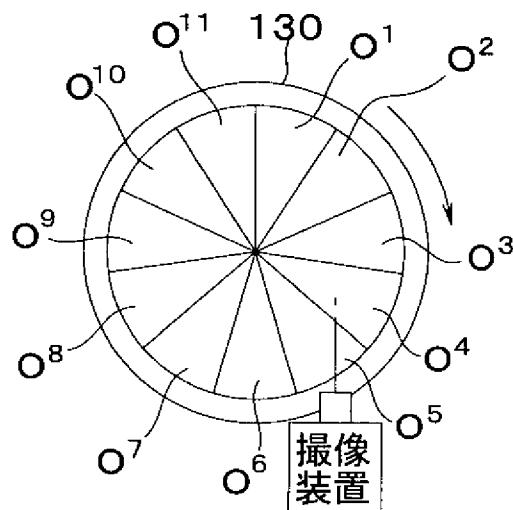
[図5]



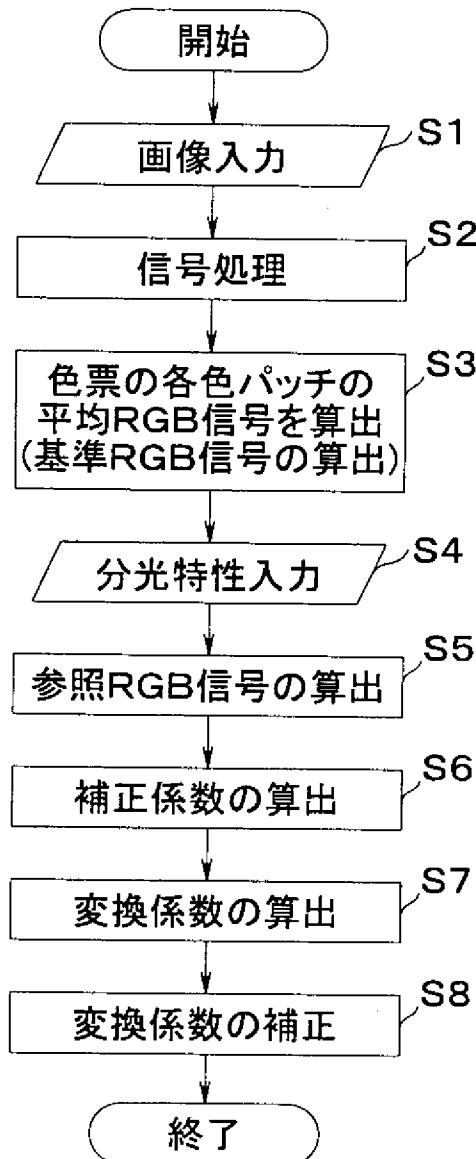
[図6]



[図7]



[図8]

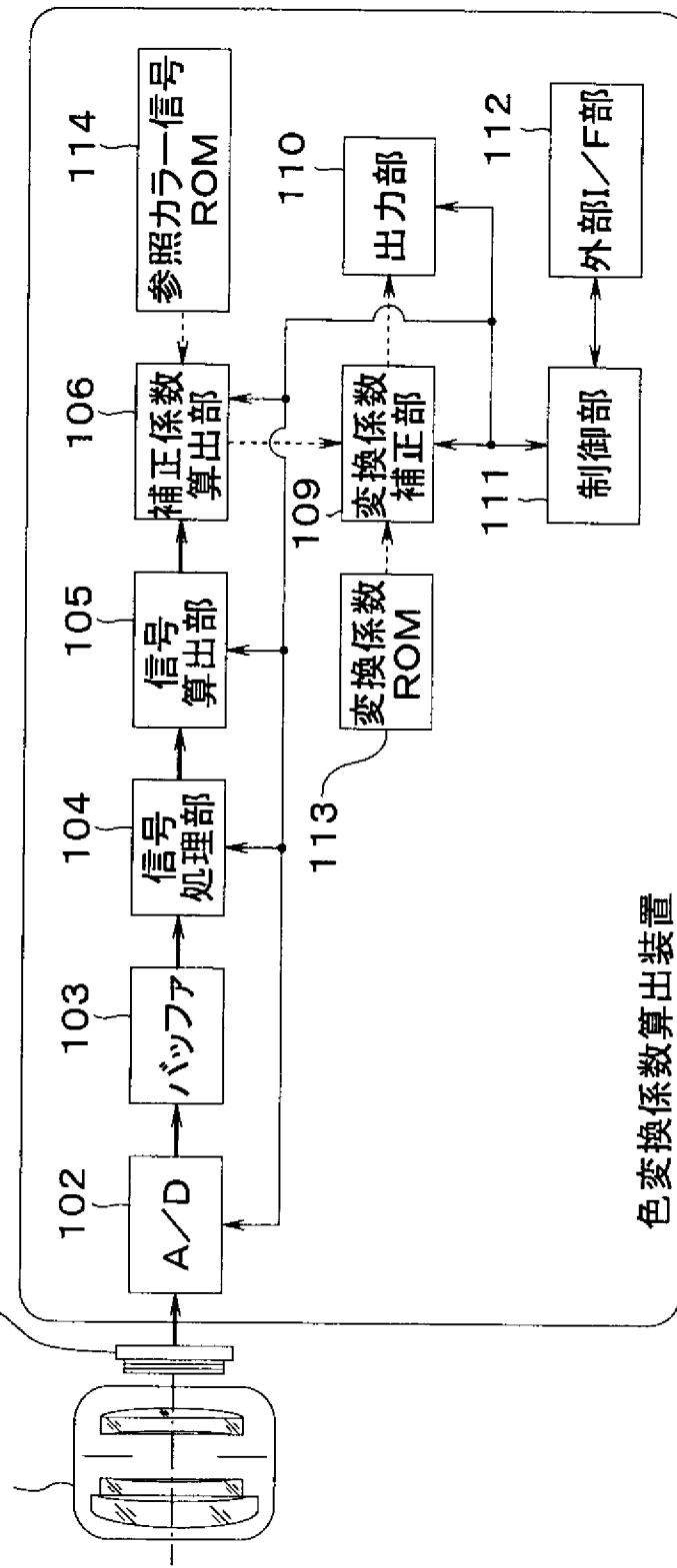


[図9]

映像信号  
制御信号  
その他の信号

101:CCD

100:レンズ系



色変換係数算出装置

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2008/072017

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

*H04N9/04 (2006.01) i, G06T1/00 (2006.01) i, H04N1/46 (2006.01) i, H04N1/60 (2006.01) i, H04N9/64 (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)

*H04N9/04, G06T1/00, H04N1/46, H04N1/60, H04N9/64*

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.
X	JP 2006-211369 A (Pentax Corp.), 10 August, 2006 (10.08.06), Par. Nos. [0016] to [0035]; Figs. 1 to 3 & US 2006/0170942 A1	1-11
A	JP 2005-303704 A (Mitsubishi Electric Corp.), 27 October, 2005 (27.10.05), Full text; all drawings (Family: none)	1-11
A	JP 2003-134536 A (Minolta Co., Ltd.), 09 May, 2003 (09.05.03), Full text; all drawings (Family: none)	1-11

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  
**24 February, 2009 (24.02.09)**

Date of mailing of the international search report  
**10 March, 2009 (10.03.09)**

Name and mailing address of the ISA/  
**Japanese Patent Office**

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H04N9/04(2006.01)i, G06T1/00(2006.01)i, H04N1/46(2006.01)i, H04N1/60(2006.01)i, H04N9/64(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. H04N9/04, G06T1/00, H04N1/46, H04N1/60, H04N9/64

## 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	JP 2006-211369 A (ペンタックス株式会社) 2006.08.10, 段落【016】～【0035】、図1～図3 & US 2006/0170942 A1	1-11
A	JP 2005-303704 A (三菱電機株式会社) 2005.10.27, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-11
A	JP 2003-134536 A (ミノルタ株式会社) 2003.05.09, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-11

□ 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

24.02.2009

## 国際調査報告の発送日

10.03.2009

## 国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

内田 勝久

5P 3799

電話番号 03-3581-1101 内線 3581