

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-178295
(P2014-178295A)

(43) 公開日 平成26年9月25日(2014.9.25)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
G01J	3/02	(2006.01)	G01J	3/02	C	2G020		
G01J	3/36	(2006.01)	G01J	3/36		2H270		
G01J	3/50	(2006.01)	G01J	3/50		2H300		
G03G	15/00	(2006.01)	G03G	15/00	303			
G03G	15/01	(2006.01)	G03G	15/01	Y			

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2013-54316 (P2013-54316)
(22) 出願日 平成25年3月15日 (2013.3.15)

(71) 出願人 000006747
株式会社リコー
東京都大田区中馬込1丁目3番6号
(74) 代理人 100107766
弁理士 伊東 忠重
(74) 代理人 100070150
弁理士 伊東 忠彦
(72) 発明者 窪田 陽一
東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内
(72) 発明者 上条 直裕
東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 分光特性計測方法、分光特性計測装置、画像評価装置及び画像形成装置

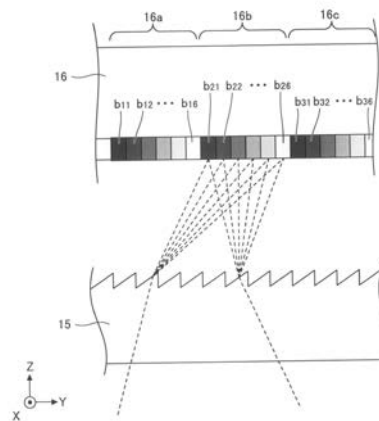
(57) 【要約】

【課題】測定対象物の分光特性を高速且つノイズの影響を低減して高精度に計測することが可能な分光特性計測方法すること。

【解決手段】対象物の分光特性を計測する分光特性計測方法であって、前記対象物の分光された光を受光する受光工程と、前記光の波長帯毎の光量に応じて、複数の分光センサから出力される信号を取得する信号取得工程と、前記複数の分光センサのうち第1の分光センサから出力される特定波長帯の信号に含まれるノイズを、前記第1の分光センサに隣接する他の分光センサから出力される前記特定波長帯の信号を用いて低減するノイズ低減工程と、を有することを特徴とする分光特性計測方法。

【選択図】 図2

第1の実施形態に係る分光特性計測装置の一部を例示する部分拡大図



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

対象物の分光特性を計測する分光特性計測方法であって、
前記対象物の分光された光を受光する受光工程と、
前記光の波長帯毎の光量に応じて、複数の分光センサから出力される信号を取得する信号取得工程と、

前記複数の分光センサのうち第 1 の分光センサから出力される特定波長帯の信号に含まれるノイズを、前記第 1 の分光センサに隣接する他の分光センサから出力される前記特定波長帯の信号を用いて低減するノイズ低減工程と、
を有することを特徴とする分光特性計測方法。

10

【請求項 2】

前記ノイズ低減工程は、

前記第 1 の分光センサから出力される前記特定波長帯の信号を、前記第 1 の分光センサから出力される前記特定波長帯の信号及び前記他の分光センサから出力される前記特定波長帯の信号で構成される離散的な信号値に対して空間的な平滑化処理を施して求めることを特徴とする請求項 1 に記載の分光特性計測方法。

【請求項 3】

前記ノイズ低減工程は、

前記波長帯に応じて、前記ノイズの低減強度を調節することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の分光特性計測方法。

20

【請求項 4】

前記ノイズ低減工程は、

前記対象物の前記分光特性を計測する位置に応じて、前記ノイズの低減強度を調節することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の分光特性計測方法。

【請求項 5】

前記対象物に光を照射する光照射工程と、

前記対象物からの前記反射光を開口列により領域分割する領域分割工程と、

前記反射光を集光して前記分光センサに結像する結像工程と、

集光された前記反射光を分光する分光工程と、

を有することを特徴とする請求項 1 から 4 の何れか一項に記載の分光特性計測方法。

30

【請求項 6】

対象物の分光特性を計測する分光特性計測装置であって、

前記対象物の分光された光を受光する受光手段と、

前記光の波長帯毎の光量に応じて、複数の分光センサから出力される信号を取得する信号取得手段と、

前記複数の分光センサのうち第 1 の分光センサから出力される特定波長帯の信号に含まれるノイズを、前記第 1 の分光センサに隣接する他の分光センサから出力される前記特定波長帯の信号を用いて低減するノイズ低減手段と、
を有することを特徴とする分光特性計測装置。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の分光特性計測装置と、

前記分光特性の計測結果に基づいて画像の色を評価する評価手段と、

を有することを特徴とする画像評価装置。

40

【請求項 8】

請求項 7 に記載の画像評価装置と、

前記画像の評価結果に基づいて、画像形成条件を調整する調整手段と、

を有することを特徴とする画像形成装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

50

本発明は、分光特性計測方法、分光特性計測装置、画像評価装置及び画像形成装置に関する。

【背景技術】

【0002】

例えばプロダクションプリンティング分野等で使用される画像形成装置には、印刷画像の高画質化、色再現安定性の向上が求められている。そこで、画像形成装置に分光光度計等の分光器を搭載し、分光器により取得される印刷画像の測色結果に基づいて印刷条件を制御し、色再現安定性の向上を図る技術が検討されている。従来の分光器では、印刷画像のうち注目する領域の一点で計測を行っていたが、印刷される画像のページ間、あるいはページ内での画像変動に対応するため、画像全域で計測を行うことが望ましい。

10

【0003】

この様な画像形成装置において印刷画像全域に渡り色情報を取得する方法として、異なる透過波長帯域を有する複数種類のフィルターを通して撮影を行うマルチバンドカメラを用いる方法がある。マルチバンドカメラを用いて撮影された、被写体の色情報を波長毎に表したマルチバンド画像から、例えばWiener推定法等により各点の分光反射率を推定する方法がある（例えば、非特許文献1参照）。

【0004】

しかし、マルチバンドカメラの撮影感度は、例えばフィルターの分光透過率の差異や、CCD等の撮像素子の分光感度等に起因して、波長帯毎に異なるのが一般的である。マルチバンドカメラにより高速撮像を行う場合において、撮影感度の低い波長帯では撮像素子や電気回路等に発生するノイズが影響して画質が劣化する場合がある。ノイズの影響により劣化した画像から分光特性の推定を行うと、撮影感度の低い波長帯における推定精度が著しく劣化する可能性がある。

20

【0005】

そこで、マルチバンドカメラにより被写体を撮像し、得られたマルチバンド画像に撮影感度に応じたノイズ抑制画像処理を施すことで、ノイズを抑制・除去して画質を向上させる方法が開示されている（例えば、特許文献1参照）。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、特許文献1に記載されている様に、例えば液晶チューナブルフィルタを用いて撮影波長領域を分割する場合には、液晶チューナブルフィルタの分光透過率を変えて複数回撮像する必要があり、マルチバンド画像の撮影に時間を要する。そのため、画像形成装置において高速で移動する印刷物を撮影する場合には、マルチバンド画像間で撮像位置にずれが生じ、色情報の高精度な計測が困難になる可能性がある。

30

【0007】

本発明は上記に鑑みてなされたものであって、測定対象物の分光特性を高速且つノイズの影響を低減して高精度に計測することが可能な分光特性計測方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

40

【0008】

本発明の一態様によれば、対象物の分光特性を計測する分光特性計測方法であって、前記対象物の分光された光を受光する受光工程と、前記光の波長帯毎の光量に応じて、複数の分光センサから出力される信号を取得する信号取得工程と、前記複数の分光センサのうち第1の分光センサから出力される特定波長帯の信号に含まれるノイズを、前記第1の分光センサに隣接する他の分光センサから出力される前記特定波長帯の信号を用いて低減するノイズ低減工程と、を有する。

【発明の効果】

【0009】

本発明の実施形態によれば、測定対象物の分光特性を高速且つノイズの影響を低減して

50

高精度に計測することが可能な分光特性計測方法を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】第1の実施形態に係る分光特性計測装置の構成を例示する図である。

【図2】第1の実施形態に係る分光特性計測装置の一部を例示する部分拡大図である。

【図3】第1の実施形態に係る分光特性計測装置の機能構成を例示するブロック図である。

【図4】第1の実施形態における変換行列算出処理のフローチャートを例示する図である。

【図5】色票の分光反射率を例示する図である。

10

【図6】第1の実施形態に係る分光特性計測装置で色票を測定した際のセンサ出力値を例示する図である。

【図7】第1の実施形態における分光反射率算出処理のフローチャートを例示する図である。

【図8】第1の実施形態におけるノイズ低減処理のフローチャートを例示する図である。

【図9】ノイズ低減処理について説明する図(1)である。

【図10】ノイズ低減処理について説明する図(2)である。

【図11】ノイズ低減処理結果を例示する図である。

【図12】分光特性計測結果における色差を例示する図である。

【図13】第2の実施形態に係る画像評価装置の構成を例示する図である。

20

【図14】第3の実施形態に係る画像形成装置の構成を例示する図である。

【図15】分光器の分光積を例示する図である。

【図16】波長と等色関数との関係を例示する図である。

【図17】等色関数と分光積との比を例示する図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

本発明の実施の形態について説明する前に、まず分光器の測定結果から分光特性を推定する方法について説明する。なお、本願において、分光特性とは拡散反射光の光量を波長の関数として表したものを指し、分光特性には分光反射率を含むものとする。

【0012】

30

印刷画像等、比較的分光反射率の分布が緩やかに変化する測定対象の分光反射率を測定する場合について考える。この場合には、測定領域の反射光の可視光領域をマルチバンドと呼ばれる3～16程度の波長帯に分割し、CCD(Charge Coupled Device)等の受光センサでそれぞれの波長帯の光量を検出し、検出結果から分光反射率を推定できる。バンド数を増やすほど、詳細に分光特性を測定することが可能となるが、反射光を波長帯ごとに分割するため、各バンドで得られる光量が低下してS/Nが悪化するので、十分な露光時間を確保する必要がある。例えば3～16程度と比較的少ない波長帯に分割するマルチバンド分光による分光特性の推定方法によれば、検出する波長帯の数が少なく、測定時間を短縮できるため、印刷画像のインライン測定等の高速な測定が要求される分野に適している。

40

【0013】

マルチバンド分光における分光反射率の推定は、予め分光反射率が得られている複数の色サンプルの測定結果を用いて、光強度信号から分光反射率への変換行列を求めることで実現される。変換行列の算出方法としては、低次元線形近似法やWiener推定法、ニューラルネットワーク等を用いた非線形演算による推定法、重回帰分析による方法等が知られている。

【0014】

上記方法のうち、重回帰分析による方法について以下で説明する。

【0015】

1つの分光センサを構成するm個の画素から出力される信号を有する行ベクトル v と、

50

変換行列 G とを用いて、測定対象物の分光反射率を表す行ベクトル r は、以下の式 (1) により求められる。

【 0 0 1 6 】

【 数 1 】

$$r = Gv \quad \cdots(1)$$

10

変換行列 G を求めることが出来れば、上式 (1) から測定対象物の分光反射率を求めることが可能になる。

【 0 0 1 7 】

分光反射率が既知な n ($n > m$) 個のサンプルの分光反射率を R , これらのサンプルを分光センサで測定した時のセンサ応答を V とする。

【 0 0 1 8 】

【 数 2 】

20

$$R = [r_1, r_2, \cdots, r_n] \quad \cdots(2)$$

【 0 0 1 9 】

【 数 3 】

30

$$V = [v_1, v_2, \cdots, v_n] \quad \cdots(3)$$

V を説明変数、 R を目的変数とした場合に、 V から R への回帰式の回帰係数行列 G は、行列 V の最小二乗ノルム解を与えるMoor-Penroseの一般化逆行列を用いて次式の様に求められる。

40

【 0 0 2 0 】

【 数 4 】

$$G = RV^t(VV^t)^{-1} \quad \cdots(4)$$

50

上式において、上付き t は行列の転置を、上付き -1 は逆行列を表す。逆行列の算出には、一般的に知られている特異値分解法等を用いることができる。式(4)で求められる変換行列 G を記憶させておくことで、実際の測定時には変換行列 G と信号出力 v の積を取ることで任意の測定対象物の分光反射率 r を推定できる。

【0021】

ここで、測定対象物の分光反射率を $r(\lambda)$ 、測定対象に光を照射する光源のスペクトルを $E(\lambda)$ 、光源と受光手段との光路中に配置された光学部品(結像光学系等)の透過率を $L(\lambda)$ 、回折素子の分光機能と受光手段の分光感度分布による各画素の分光透過率分布を $S_i(\lambda)$ とすると、マルチバンド分光センサからの出力応答 v_i は以下の式(5)で表すことができる。

【0022】

【数5】

$$v_i = \int S_i(\lambda) E(\lambda) L(\lambda) r(\lambda) d\lambda \quad \cdots (5)$$

ここで光源の $S_i(\lambda)$ 、 $E(\lambda)$ 、 $L(\lambda)$ を波長毎に掛け合わせたものは分光積といい、入力系システムの分光特性を表している。

【0023】

白色LEDを光源とするマルチバンド分光センサについて考える。一般的な白色LED光源のスペクトル、光学系の分光透過率、分光センサとして用いるCCDの分光感度特性及びこれらの積で求められるシステムの分光特性である分光積を、図15に例示する。

【0024】

図15に示す例では、450nm以下の短波長領域及び650nm以上の長波長領域において分光積が小さくなっている。すなわち、この領域の光束を取得する波長帯のSN比が特に悪くなることを示している。

【0025】

また、図16に、波長と等色関数 $\bar{x}(\lambda)$ 、 $\bar{y}(\lambda)$ 、 $\bar{z}(\lambda)$ との関係を示す。図16において、 $\bar{x}(\lambda)$ 、 $\bar{y}(\lambda)$ 、 $\bar{z}(\lambda)$ は、人間の目に対してどのような刺激を与えているかを仮想的に示したものであり、人間の目の分光感度に相当する。

【0026】

図16に示す様に、約400~430nmの短波長領域及び約650~700nmの長波長領域では、 $\bar{x}(\lambda)$ 、 $\bar{y}(\lambda)$ 、 $\bar{z}(\lambda)$ の値が小さい。すなわち、人間の目に見える色において、上記短波長領域及び上記長波長領域において $\bar{x}(\lambda)$ 、 $\bar{y}(\lambda)$ 、 $\bar{z}(\lambda)$ が寄与する割合は、それ以外の波長領域(中波長領域)に比べて小さい。

【0027】

一方、図17に等色関数と分光センサの分光感度に相当する分光積との比を例示する。図17に示す様に、波長400~450nmで等色関数と分光積との比が大きく、特に等色関数 \bar{z} の重みが多い。このことから、短波長領域の分光反射率が低い色では、SN比が悪化し、測色精度が低下することが分かる。

【0028】

そこで、測色精度を向上させるために、分光積の改善が分光センサから出力される信号に含まれるノイズを低減することが考えられる。以下で説明する実施形態では、ノイズを低減することで測色精度を向上させることが可能な分光特性計測方法について説明する。

【0029】

10

20

30

40

50

第 1 の実施形態

以下、図面を参照して発明を実施するための形態について説明する。各図面において、同一構成部分には同一符号を付し、重複した説明を省略する場合がある。

【0030】

[分光特性計測装置の構成]

図 1 は、第 1 の実施形態に係る分光特性計測装置の構成を例示する図である。図 1 に示す様に、分光特性計測装置 1 は、分光器 10、演算手段 20 を有する。分光器 10 は、ライン照明光源 11、第 1 結像光学系 12、開口アレイ 13、第 2 結像光学系 14、回折素子 15、ラインセンサ 16 を有する。

【0031】

以下では、分光特性計測装置 1 が、対象物 90 の分光反射率を計測する例について説明する。対象物 90 は、例えばシート状の印刷物等であり、対象物 90 上の所定の領域には画像が形成されている。

【0032】

なお、図 1 に示す破線は、対象物 90 に照射された光が拡散反射した後の代表的な光路を模式的に示している。また、以降の説明において、正反射光とは、ライン照明光源 11 から対象物 90 に照射される照射光の入射角と同じ角度で、入射方向とは反対側に反射する反射光（つまり入射角を θ とすると、反射角が $-\theta$ となる反射光）を指す。拡散反射光とは、正反射光以外の反射光を指す。また、分光反射率とは、基準板（白色板等）からの拡散反射光の光量に対する、測定対象物からの拡散反射光の光量の割合を波長の関数として表したものである。

【0033】

ライン照明光源 11 は、光照射手段の一例であり、対象物 90 の奥行き方向（X 方向）のライン状に広がった領域に光を照射する。第 1 の実施形態に係るライン照明光源 11 は、例えば可視光のほぼ全域において強度を有する白色 LED（Light Emitting Diode: 発光ダイオード）アレイである。ライン照明光源 11 としては、白色 LED に限らず、冷陰極管等の蛍光灯やランプ光源等を用いても良い。

【0034】

ライン照明光源 11 から対象物 90 までの光路上には、ライン照明光源 11 から出射された光を対象物 90 にコリメートして（略平行光として）若しくは集光してライン状に照射する機能を有するコリメートレンズを配置しても良い。

【0035】

第 1 結像光学系 12 は、結像手段の一例であり、対象物 90 に照射された光の法線方向（Z 方向）の拡散反射光を、開口アレイ 13 の開口部 13x に結像する。第 1 結像光学系 12 としては、例えば、X 方向に複数のレンズが配列された集光レンズアレイ等を用いることができる。

【0036】

但し、必ずしも正確に開口アレイ 13 の開口部 13x 上に拡散反射光が結像している必要はなく、デフォーカスした状態や無限系であってもよい。第 1 結像光学系 12 として、セルフロック（登録商標）レンズアレイのような屈折率分布型レンズアレイやマイクロレンズアレイ又はミラーからなる結像光学系を用いても良い。

【0037】

開口アレイ 13 は、領域分割手段の一例であり、例えば一列に形成された複数の開口部 13x を有し、対象物 90 に近接して配置されている。開口アレイ 13 において、開口部 13x 以外の部分は光を遮る遮光部であり、対象物 90 からの反射光を開口部 13x により領域分割する。

【0038】

開口アレイ 13 は、例えばピンホールアレイやスリットアレイであり、金属や黒色樹脂材料に開口部 13x を形成したものをを用いることができる。又、ガラスや透明樹脂等に金属膜や黒色樹脂等をパターンニングして遮光部を形成し、遮光部以外の部分を開口部 13x

10

20

30

40

50

としたもの等を用いてもよい。開口部 13x は、円形、矩形、楕円形、その他の任意の形状とすることができる。

【0039】

開口アレイ 13 を用いることにより、対象物 90 からの拡散反射光を開口列としての複数の開口部 13x により領域分割し、不要な部分の光を遮蔽できる。これにより、各開口部 13x を通過した焦点面の光のみを検出し、隣接する領域からの反射光の混入を抑制できる。

【0040】

第 2 結像光学系 14 は、結像手段の一例であり、例えば複数枚のレンズで構成され、開口アレイ 13 を通過した反射光を、回折素子 15 を介してラインセンサ 16 の受光面に結像する。第 2 結像光学系 14 としては、例えば一般的なスキャナ光学系に用いられるレンズや、工業的に用いられているラインセンサ用レンズを使用できる。

【0041】

回折素子 15 は、分光手段の一例であり、対象物に照射された光の反射光を分光する。より詳しくは、回折素子 15 は、開口アレイ 13 の各開口部 13x により領域分割された後に第 2 結像光学系 14 により集光された拡散反射光を分光して波長に応じて異なる方向に伝播し、各開口部 13x に対応する回折像を形成する。回折素子 15 としては、例えば、プリズムや透過型回折格子或いはそれらを組み合わせたもの等を用いることができる。

【0042】

ラインセンサ 16 は、受光手段の一例であり、N 個の画素で構成されるマルチバンド分光センサが複数並列して設けられたマルチバンド分光センサアレイである。ラインセンサ 16 は、回折素子 15 を介して入射する反射光から所定の波長帯毎の光量を取得し、取得した光量を電気信号に変換する。ラインセンサ 16 により変換された電気信号は、演算手段 20 に送られる。

【0043】

ラインセンサ 16 としては、例えば MOS (Metal Oxide Semiconductor Device)、CMOS (Complimentary Metal Oxide Semiconductor Device)、CCD (Charge Coupled Device)、CIS (Contact Image Sensor)、PDA (Photo Diode Array) 等を用いることができる。

【0044】

演算手段 20 は、分光器 10 のラインセンサ 16 から出力された電気信号に基づいて、対象物 90 の複数位置での分光反射率を演算する。演算手段 20 は、例えば CPU、ROM、メインメモリ等を含み、演算手段 20 の各種機能は、ROM 等に記録されたプログラムがメインメモリに読み出されて CPU により実行されることによって実現できる。但し、演算手段 20 の一部又は全部は、ハードウェアのみにより実現されてもよい。又、演算手段 20 は、物理的に複数の装置により構成されてもよい。

【0045】

なお、図 1 に例示する光学系は、例えば、ライン照明光源 11 から出射される照明光が対象物 90 に対して略斜め 45 度より入射し、ラインセンサ 16 が対象物 90 から垂直方向に拡散反射する光を受光する所謂 45/0 光学系とすることができる。また、ライン照明光源 11 から出射される照明光が対象物 90 に対して垂直に入射し、ラインセンサ 16 が対象物 90 から 45 度方向に拡散反射する光を受光する所謂 0/45 光学系等としても良い。

【0046】

この様に構成された図 1 に示す分光特性計測装置 1 は、ラインセンサによる高速動作が可能であるので、対象領域の分光反射率を高速且つ一度に取得可能であり、例えば印刷画像のインライン測定等の高速な測定が要求される分野に適している。

【0047】

[ラインセンサの構成]

図 2 は、図 1 に例示する分光特性計測装置 1 の部分拡大図であり、回折素子 15 及びラ

10

20

30

40

50

インセンサ 16 の構成を例示する図である。

【0048】

回折素子 15 は、ラインセンサ 16 に近接して配置されており、図 2 中の破線で光路を模式的に示す様に、入射光を回折させることで、ラインセンサ 16 の各分光センサが有する各画素に異なる分光特性を有する光を入射させる。回折素子 15 は、例えば透明基板上に鋸歯形状の構造が周期的に形成されている。

【0049】

ラインセンサ 16 は、第 1 の分光センサ 16 a、第 2 の分光センサ 16 b、第 3 の分光センサ 16 c 等が複数個並列して設けられた分光センサアレイである。

【0050】

第 1 の分光センサ 16 a、第 2 の分光センサ 16 b、第 3 の分光センサ 16 c 等は、互いに分光特性の異なる光を受光する N 個の画素が Y 方向に並んで設けられている。各分光センサ 16 a ~ 16 c は、開口を通過した光束の所定の波長領域（例えば可視光領域：400 nm ~ 700 nm）を N 個の波長帯（以下、「バンド」という）で分割して取得し、それぞれのバンドで受光した光量に応じた信号を出力する。

【0051】

マルチバンド分光ではバンド数が多いほど分光反射率の詳細な測定結果を得ることが可能となり好ましいが、高速で画像全幅の分光計測を行う様な場合は、バンド数を最小に抑えて Wiener 推定等の方法によって分光反射率の推定処理を行うことが好ましい。図 2 に示す例は、N = 6 の場合であり、6 バンド（ $b_{i1} \sim b_{i6}$ ：添え字 i は分光センサの番号を示す）で 1 つの分光センサを構成している。

【0052】

ラインセンサ 16 は、各分光センサの各画素で取得した光量を電気信号に変換して出力する。ラインセンサ 16 から出力された電気信号は演算手段 20 に送られ、演算手段 20 において対象物 90 の分光反射率の推定処理が行われる。

【0053】

（分光特性計測装置の機能構成）

図 3 は、第 1 の実施形態に係る分光特性計測装置 1 の機能構成を例示するブロック図である。

【0054】

図 3 に示す様に、分光特性計測装置 1 は、分光器 10、演算手段 20 を有する。演算手段 20 は、センサ応答入力部 21、データ記憶部 22、ノイズ低減処理部 23、分光特性算出部 24、分光反射率記憶部 25、変換行列算出部 26、変換行列記憶部 27 を有する。

【0055】

センサ応答入力部 21 は、分光器 10 のラインセンサ 16 を構成する各分光センサの各画素から、バンド毎の光量に応じて出力される信号が入力される。

【0056】

データ記憶部 22 は、センサ応答入力部 21 に入力された信号を、入力された信号と信号を出力した分光センサの画素とを対応付けて、対象物 90 の全測定領域についてのデータを記憶する。

【0057】

ノイズ低減処理部 23 は、ノイズ低減手段の一例であり、後述する方法によりデータ記憶部 22 に記憶されているデータからノイズを低減する処理を行う。

【0058】

分光特性算出部 24 は、データ記憶部 22 に記憶されるデータで構成される行列 v と、変換行列記憶部 27 に記憶されている変換行列 G とから、上式 (1) に基づいて、対象物 90 の分光反射率 r を算出して出力する。分光特性算出部 24 は、ノイズ低減処理部 23 によりノイズが低減されたデータを用いて分光反射率を算出するため、対象物の分光反射率を精度良く算出することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 9 】

分光反射率記憶部 2 5 は、色票等の標準サンプルの分光反射率の測定結果を、分光反射率の行列 R として記憶している。

【 0 0 6 0 】

変換行列算出部 2 6 は、色票等の標準サンプルを分光器 1 0 で計測し、ラインセンサ 1 6 からセンサ応答入力部 2 1 に入力される信号を、標準サンプルのセンサ応答を表す行列 V として取得する。変換行列算出部 2 6 は、取得したセンサ応答の行列 V と、分光反射率記憶部 2 5 に記憶されている分光反射率の行列 R とに基づいて、上式 (4) により変換行列 G を算出する。

【 0 0 6 1 】

変換行列記憶部 2 7 は、変換行列算出部 2 6 により算出された変換行列 G を記憶する。

【 0 0 6 2 】

[変換行列算出処理]

次に、変換行列算出部 2 6 が変換行列を算出する方法について説明する。

【 0 0 6 3 】

図 4 は、変換行列算出部 2 6 による変換行列算出処理のフローチャートの一例である。図 4 に例示するフローチャートに対応するプログラムは、例えば演算手段 2 0 の ROM やコンピュータが読み取り可能な記録媒体等に格納することができ、演算手段 2 0 の CPU により実行することができる。

【 0 0 6 4 】

まず、ステップ S 1 0 1 では、標準サンプルとして分光反射率が既知の複数の色票 (色票 1 から色票 n、n は 2 以上の自然数) を準備し、色票 1 ~ 色票 n の各々の分光反射率から行列 R を算出する。次に、ステップ S 1 0 2 では、ステップ S 1 0 1 で算出した行列 R を分光反射率記憶部 2 5 に記憶する。

【 0 0 6 5 】

なお、色票とは、色の表示を目的とする標準試料のことであり、カラーチャートとも称される。色票としては、例えば、J I S - Z - 8 7 2 1 準拠の標準色票等を用いることができる。各色票は、例えば図 5 に示す様に、予め高精度な分光計等により分光反射率の測定が行われている。つまり、行列 R は、予め分光反射率が既知である n 個の色票 (色票 1 ~ 色票 n) の分光反射率を格納した行列である。

【 0 0 6 6 】

次に、ステップ S 1 0 3 ~ S 1 0 6 では、変換行列算出部 2 6 が、1 つの分光センサを構成する N 個の画素から出力される電気信号 v_i ($i = 1 \sim N$) を格納した行ベクトル v を算出する。具体的には、ステップ S 1 0 1 で用いた色票 1 にライン照明光源 1 1 により光を照射し (ステップ S 1 0 3)、色票 1 からの反射光を回折素子 1 5 により分光し (ステップ S 1 0 4)、ラインセンサ 1 6 で受光する (ステップ S 1 0 5)。さらに、N 個の画素から出力される各信号を演算手段 2 0 が取得し、行ベクトル v を算出する (ステップ S 1 0 6)。

【 0 0 6 7 】

そして、ステップ S 1 0 3 ~ S 1 0 6 を色票 2 ~ 色票 n についても実行し、ステップ S 1 0 7 で n 個の色票 (色票 1 ~ 色票 n) を分光特性計測装置 1 で測定したときの行ベクトル v を格納した行列 V を算出する。

【 0 0 6 8 】

図 6 は、第 1 の実施の形態に係る分光特性計測装置 1 で色票を測定した際のセンサ出力値を例示している。図 6 は、分光特性計測装置 1 のラインセンサ 1 6 が、可視光領域の光を 9 画素で取得する分光センサで構成され、バンド N o が小さい画素で可視光の短波長帯の光を、バンド N o の大きい画素で長波長帯の光を検出する場合の例である。

【 0 0 6 9 】

図 6 は、電子写真方式の画像形成装置によって出力した 1 2 5 色のトナー画像 (図 5 と同一のもの) についてのセンサ出力例である。変換行列算出部 2 6 は、図 6 に例示するデ

10

20

30

40

50

ータに基づいて、行列 V を算出する。

【0070】

ステップ S 108 では、変換行列算出部 26 が、ステップ S 101 で算出した行列 R 及びステップ S 107 で算出した行列 V を用いて、上式 (4) に基づいて変換行列 G を算出する。ステップ S 109 にて、変換行列記憶部 27 が変換行列 G を記憶した後に、処理を終了する。

【0071】

[分光反射率算出処理]

次に、第 1 の実施形態に係る分光特性計測装置 1 における分光反射率算出処理について、図 7 に例示する分光反射率算出処理のフローチャートに基づいて説明する。

10

【0072】

対象物 90 の分光反射率を算出する場合には、まずステップ S 201 にて、ライン照明光源 11 が対象物 90 に光を照射する。続いてステップ S 202 にて、回折素子 15 が対象物に照射された光の反射光を分光し、ステップ S 203 にて、ラインセンサ 16 が分光された光を受光する。

【0073】

次にステップ S 204 にて、センサ応答入力部 21 がラインセンサ 16 の各分光センサの各画素からバンド毎の信号を取得する。ステップ S 205 では、データ記憶部 22 が、センサ応答入力部 21 により取得された信号をデータとして記憶する。

20

【0074】

ステップ S 206 では、ノイズ低減処理部 23 が、データ記憶部 22 に記憶されているデータに対してノイズ低減処理を行う。続いてステップ S 207 では、分光特性算出部 24 が、ノイズが低減されたデータで構成されるセンサ応答の行列 V と、変換行列記憶部 27 に記憶されている変換行列 G とから、上式 (1) に基づいて分光反射率 R を算出する。なお、分光特性算出部 24 は、分光反射率 R から XYZ や $L^*a^*b^*$ 等の表色値を算出して出力しても良い。

【0075】

(ノイズ低減処理)

次に、分光反射率算出処理において、ノイズ低減処理部 23 により実行されるノイズ低減処理について、図 8 に例示するフローチャートに基づいて説明する。

30

【0076】

ノイズ低減処理部 23 は、まずステップ S 301 にて、データ記憶部 22 に記憶されているデータをバンド毎に抽出し、ステップ S 302 にて、バンド毎に位置情報を保持したままデータを再配列する。この様なデータ配列は、被写体の特定波長帯域の色情報データを離散的に配列した、バンド画像と言い換えることができる。隣接する分光センサのバンド毎のデータ配列であるバンド画像に対して、一般に空間フィルタリングと呼ばれるノイズ低減手法を適用できる。空間フィルタリングとは、着目画素値を周囲の画素値を参考にして変換する方法である。

【0077】

図 9 は、ノイズ低減処理部 23 によるバンド画像の生成例を示している。

40

【0078】

データ記憶部 22 には、図 9 の上段に例示する様に、各分光センサの各画素 $b_{i1} \sim b_{i6}$ と、対象物 90 の計測位置を表すライン $L_1 \sim L_n$ とに対応して、各分光センサの各画素 $b_{i1} \sim b_{i6}$ から出力されるデータが記憶されている。なお、図 9 では、ラインセンサ 16 を構成する各分光センサが 6 個の画素で構成されている場合を例示している。ここで対象物の測定位置 (x, y) に対応する 6 バンドのデータを、 $b_{xy1} \sim b_{xy6}$ (添え字 x : 測定位置 x に対応する分光センサの番号、添え字 y : y 番目の測定ライン L_y 、1~6 はバンド番号を示す) とする。

【0079】

ノイズ低減処理部 23 は、図 9 の下段に示す様に、データ記憶部 22 からバンド毎に、

50

分光センサの位置及びラインLの位置に対応させてデータを再配列し、バンド画像B1～B6を構築する。

【0080】

次にノイズ低減処理部23は、上記した様に構築したバンド画像B1～B6に対して、例えば3×3画素の領域で、画素毎の細かな変動をなくす平滑化処理を実行する。平滑化を可能にする空間フィルタリングには、例えばメディアンフィルタ法、移動平均法、ガウシアンフィルタ法、選択的局所平均化法等が知られており（非特許文献2）、何れの方法を用いても良い。例えばメディアンフィルタ法は、バンド画像における注目画素のデータを、例えば注目画素に隣接する周辺画素を含む3×3画素のデータの中央値で置き換える処理である。メディアンフィルタ法は、スパイク状の突出したノイズを除去するのに有効であることが知られている。

10

【0081】

なお、ノイズ低減処理部23は、注目画素のデータを、例えば注目画素に隣接する周辺画素を含む例えば3×3画素のデータの平均値で置き換える移動平均法による平滑化処理を行っても良い。また、メディアンフィルタ処理又は移動平均処理を行う領域は3×3画素に限らず、5×5画素、9×9画素等に適宜設定できる。

【0082】

隣接する分光センサの間隔が大きく、例えば測定領域が離散的である場合は、対象画素に近い画素に大きな重みを、対象画素から遠い画素には小さい重みを付与する加重平均が可能なガウシアンフィルタ処理を行うのが好ましい。

20

【0083】

また、ノイズ低減処理部23は、各バンドの受光感度に応じて、バンド毎にノイズ低減強度を調節しても良い。例えば、各バンドの受光感度を示す分光センサの分光積を参照して、分光積が最大ピークの10%以下波長帯を含むバンドで構成されるバンド画像に対して、平滑化処理を行う領域を例えば2倍に拡大するなどして、ノイズ低減処理を強くかけても良い。また、例えば平滑化処理が行われていないバンド画像と平滑化処理が行われたバンド画像とが存在しても良い。具体的には、図15に示す分光積で、波長400-440nmの領域を含む短波長バンド、および660-700nmを含む長波長バンドの信号値で構成されるバンド画像、例えば図9下段に示すB1およびB6では、6×6画素領域でメディアンフィルタ処理を行い、分光積が最大となる波長450-470nmの領域を含むバンド画像、例えば図9下段に示すB2ではノイズ低減処理を行わず、それ以外の領域のバンド画像では3×3画素領域でメディアンフィルタ処理を行っても良い。

30

【0084】

同様に、対象物90の計測領域に含まれる色を予め把握できる場合には、分光センサによる測定精度が低い色が含まれている領域には、同様に平滑化処理を行う領域を拡大し、ノイズ低減処理が強くなる様に設定しても良い。

【0085】

さらに、例えば対象物90において色が変化するエッジ領域等の様に分光反射率が大きく変化する領域を検出し、この様な領域以外に対して平滑化処理を行っても良い。あるいは、エッジを保存したまま効果的にノイズを除去する方法として、選択的局所平均化法を適応してもよい。また、平坦部のノイズ除去性能およびエッジ部の保存性能とともに従来技術より優れる、Non-Local means フィルター法（以下、NL-means法）と呼ばれるノイズ除去技術を用いても良い。NL-means法は、対象画素を中心としたブロックと画像内から大量に収集したブロックとの間の類似度を重みとして、各ブロックの中心画素を置き換える技術である（非特許文献3）。

40

【0086】

本発明におけるノイズ抑制方法は、上述した平滑化処理方法に限定されず、ノイズ成分が各バンド間で無相関であることを利用して、各バンド画像においてノイズ領域のノイズ成分のみを選択的に抑制、除去する方法や、モルフォロジーを利用したノイズ抑制処理方法であってもよい。

50

【 0 0 8 7 】

図 8 に示すフローチャートに戻り、次にステップ S 3 0 4 では、全てのバンド画像 B に対してノイズ低減処理が行われたか否かを判断し、全てのバンド画像 B に対してステップ S 3 0 1 からステップ S 3 0 3 までの処理を実行する。

【 0 0 8 8 】

次にステップ S 3 0 5 では、ノイズ低減処理部 2 3 が、図 1 0 に示す様に、ノイズが低減された各バンド画像 B 1 ~ B 6 のデータから、第 x の分光センサのライン y に対応する行列 $V_{x y}$ を生成する。ステップ S 3 0 6 では、行列 $V_{x y}$ をデータ記憶部 2 2 に保存する。

【 0 0 8 9 】

ステップ S 3 0 5 及びステップ S 3 0 6 を繰り返し行い、ステップ S 3 0 7 にて、行列 $V_{x y}$ を全分光センサ及び全ライン L について生成した後に処理を終了する。

【 0 0 9 0 】

ノイズ低減処理部 2 3 は、以上で説明した処理により、データ記憶部 2 2 に記憶されているデータのノイズを低減する。分光特性算出部 2 4 は、ノイズ低減処理部 2 3 によりノイズが低減されたデータに基づいて分光反射率 R を算出するため、分光反射率を高精度に求めることが可能になる。

【 0 0 9 1 】

図 1 1 は、ノイズ低減処理結果を例示する図である。

【 0 0 9 2 】

図 1 1 は、1 0 ライン毎に色が異なる対象物 9 0 を計測した場合における分光センサからの出力データ（未処理）と、出力データにノイズ低減処理を行った結果を示している。なお、図 1 1 は、ラインセンサ 1 6 を構成する分光センサが 9 個の画素を有し、b 1 ~ b 9 のバンドのデータを取得した例である。

【 0 0 9 3 】

図 1 1 に示す様に、未処理データにはスパイクノイズが散見されるが、ノイズ低減処理が行われたデータでは、ノイズが低減されている（凹凸が減少している）ことが分かる。

【 0 0 9 4 】

また、図 1 2 は、ノイズ低減処理を行わなかった場合（図 1 2 (a)）と、ノイズ低減処理を行った場合（図 1 2 (b)）における分光反射率の計測結果から、色差 E を求めた結果を例示している。図 1 2 は、予め表色値が既知である色票をサンプルとして分光特性計測装置 1 で分光反射率を計測し、計測結果に基づいて色差 E を算出した結果である。

【 0 0 9 5 】

図 1 2 に示す様に、ノイズ低減処理を行わなかった場合（図 1 2 (a)）に対して、ノイズ低減処理を行った場合（図 1 2 (b)）には、色差 E が大きく低減されていることが分かる。

【 0 0 9 6 】

この様に、第 1 の実施形態に係る分光特性計測装置 1 によれば、ノイズ低減処理部 2 3 が分光センサから出力されるデータのノイズを低減し、対象物 9 0 の分光反射率等を高精度且つ高速に求めることが可能である。

【 0 0 9 7 】

第 2 の実施形態

第 2 の実施の形態では、分光特性計測装置 1 を用いて画像評価装置 2 を構成する例を示す。なお、第 2 の実施の形態において、既に説明した実施の形態と同一構成部分についての説明は省略する。

【 0 0 9 8 】

図 1 3 は、第 2 の実施の形態に係る画像評価装置 2 を例示する図である。図 1 3 に示す様に、画像評価装置 2 は、第 1 の実施形態に係る分光特性計測装置 1（分光器 1 0 及び演算手段 2 0）、画像評価手段 3 0、対象物 9 0 を搬送する不図示の搬送手段を有する。

10

20

30

40

50

【0099】

分光器10は、ライン照明光源11、第1結像光学系12、開口アレイ13、第2結像光学系14、回折素子15、ラインセンサ16を有している。

【0100】

画像評価装置2は、例えば電子写真方式の画像形成装置等によって対象物90上に形成された画像を全幅に渡って評価する。なお、図13では、画像評価装置2が分光特性計測装置1を1つ有する例を示しているが、例えば、複数の分光特性計測装置1を対象物90の幅方向に並列に配置してもよい。

【0101】

画像評価手段30は、例えばCPU、ROM、メインメモリ等を含み、画像評価手段30の各種機能は、ROM等に記録されたプログラムがメインメモリに読み出されてCPUにより実行されることによって実現される。但し、画像評価手段30の一部又は全部は、ハードウェアのみにより実現されてもよい。又、画像評価手段30は、物理的に複数の装置により構成されてもよい。

10

【0102】

搬送手段は、図13において矢印方向に対象物90を搬送する。なお、画像評価装置2では、対象物90を移動させるように構成しているが、画像評価装置2を対象物90に対して相対的に移動するように構成してもよい。搬送手段としては、例えば、搬送ローラや搬送ベルト等を用いることができる。画像評価手段30は、既知の、若しくは搬送手段に装着されるエンコーダセンサからの速度情報を元に、対象物90の画像形成部全面に渡る分光画像データを算出できる。

20

【0103】

また、画像評価装置2は、画像評価手段30において、ラインセンサ16によって得られた測色結果とマスタ画像とを比較し、マスタ画像との差を抽出して表示することが好ましい。これによって、作業者が簡単にマスタ画像との比較を実行できる。更に、マスタ画像としてはデジタルマスタ画像を外部から入力できるように構成してもよく、画像評価装置2によって測定した任意の対象物90の測定結果をマスタ画像として設定してもよい。

【0104】

なお、画像評価装置2に、分光特性計測装置1に代えて演算装置2(分光器10と演算手段20A)を搭載してもよい。これにより、分光反射率からCIE表色系の三刺激値XYZやCIELab等の表色値を算出し、対象物90上に複数色で形成された画像の色を評価することができる。

30

【0105】

以上で説明した様に、第2の実施形態によれば、分光特性計測装置(又は、演算装置)を用いて画像評価装置を構成することで、搬送される測定対象物上に形成された画像等の色の評価を高速に行うことが可能な画像評価装置を実現できる。

【0106】

第3の実施の形態

第3の実施の形態では、第2の実施の形態に係る画像評価装置2を有する画像形成装置3の例を示す。なお、第3の実施の形態において、既に説明した実施の形態と同一構成部分についての説明は省略する。

40

【0107】

図14は、第3の実施の形態に係る画像形成装置3を例示する図である。図14に示す様に、画像形成装置3は、第2の実施の形態に係る画像評価装置2、給紙カセット81a、給紙カセット81b、給紙ローラ82、コントローラ83、走査光学系84、感光体85、中間転写体86、定着ローラ87、排紙ローラ88を有する。対象物90は、紙等の記録媒体である。

【0108】

画像形成装置3において、給紙カセット81a及び81bから図示しないガイド、給紙ローラ82により搬送された対象物90が、走査光学系84により感光体85に露光され

50

、色材が付与されて現像される。現像された画像は中間転写体 86 上に転写された後、中間転写体 86 から対象物 90 上に二次転写される。対象物 90 上に転写された画像は定着ローラ 87 により定着され、画像形成された対象物 90 は排紙ローラ 88 により排紙される。画像評価装置 2 は、定着ローラ 87 の後段に設置されている。

【0109】

以上で説明した様に、第 3 の実施の形態によれば、第 2 の実施の形態に係る画像評価装置 2 を画像形成装置 3 の所定の位置に装備することにより、記録媒体の搬送に同期して、記録媒体の面内の色情報を 2 次元で取得できる。そして、画像形成装置 3 が例えば電子写真方式による画像製品である場合には、取得された画像色の評価結果に基づいて、調整手段が、書込み走査光学系の光源出力の一走査内制御や印刷前のガンマ補正等の画像形成条件を調整することで、記録媒体の面内の色むらを低減可能となる。

10

【0110】

また、画像形成装置 3 が例えばインクジェット方式による画像製品である場合には、ヘッド位置によりインクの吐出量を直接制御することにより、記録媒体の面内の色むらを低減可能となる。

【0111】

また、第 2 の実施の形態に係る画像評価装置 2 により、空間分解能の異なる分光特性を画像全面において 2 次元で取得できるため、色票がある場合は色票に適した分光特性の評価が可能となる。また、色票がない場合には、ユーザの任意の画像の任意の位置に適した分光特性の評価が可能となる。そして、それぞれの評価に基づいて画像形成条件の調整を行うことで、より色安定性、色再現性の高い画像形成装置 3 を実現できる。

20

【0112】

分光特性計測装置 1 は、上記実施形態に限らず、画像評価装置、画像形成装置以外にも様々な装置に搭載可能である。例えば分光特性計測装置を、紙幣やクレジットカードなどの信憑性を検査する検査装置に設けても良い。

【0113】

以上、実施形態に係る分光特性計測方法、分光特性計測装置、画像評価装置及び画像形成装置について説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の範囲内で種々の変形及び改良が可能である。

30

【符号の説明】

【0114】

- 1 分光特性計測装置
- 2 画像評価装置
- 3 画像形成装置
- 10 分光器
- 16 ラインセンサ（受光手段）
- 16a 第 1 の分光センサ
- 16b 第 2 の分光センサ
- 16c 第 3 の分光センサ
- 21 センサ応答入力部（信号取得手段）
- 24 ノイズ低減処理部（ノイズ低減手段）
- 30 画像評価手段

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0115】

【特許文献 1】特開 2001 - 84360 号公報

【非特許文献】

【0116】

【非特許文献 1】津村徳道，羽石秀昭、三宅洋一「重回帰分析によるマルチバンド画像からの分光反射率の推定」、光学、Vol. 27、No. 7、P. 384 - 391 (199

50

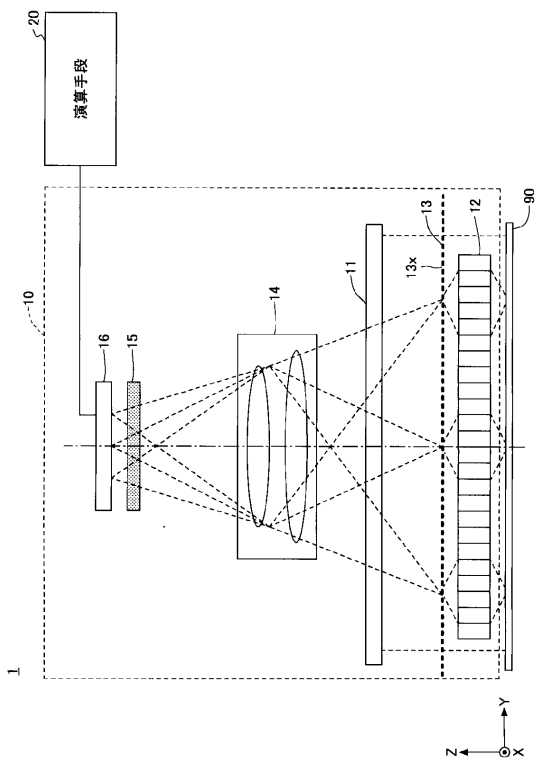
8)

【非特許文献2】村上伸一「画像処理工学」東京電機大学出版、P59 - 64 (2004)

【非特許文献3】Buades, A., et al. A Non-Local Algorithm for Image Denoising. CVPR2005, IEEE Computer Society Conference. 2, P.60 - 65 (2005)

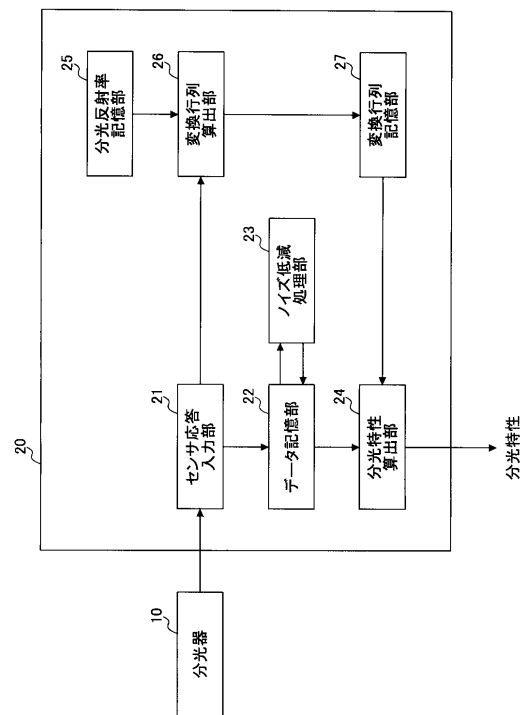
【図1】

第1の実施形態に係る分光特性計測装置の構成を例示する図



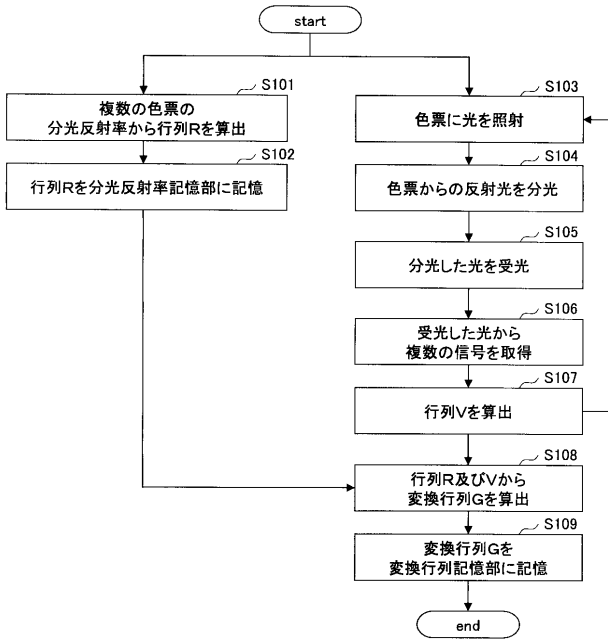
【図3】

第1の実施形態に係る分光特性計測装置の機能構成を例示するブロック図



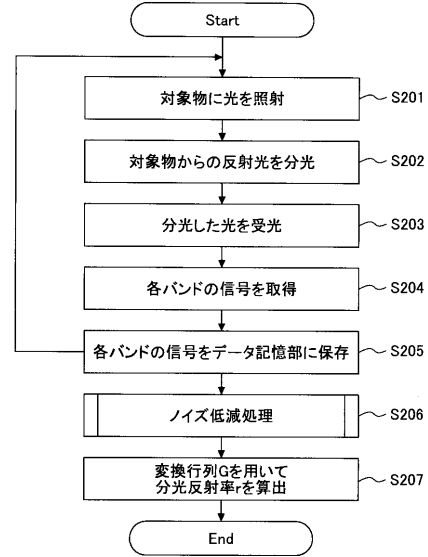
【 図 4 】

第1の実施形態における変換行列算出処理のフローチャートを例示する図



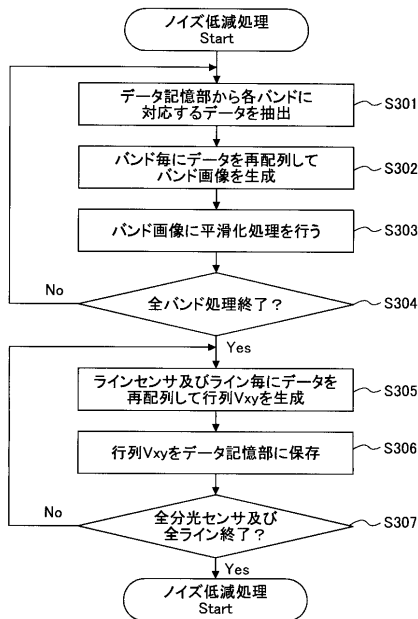
【 図 7 】

第1の実施形態における分光反射率算出処理のフローチャートを例示する図



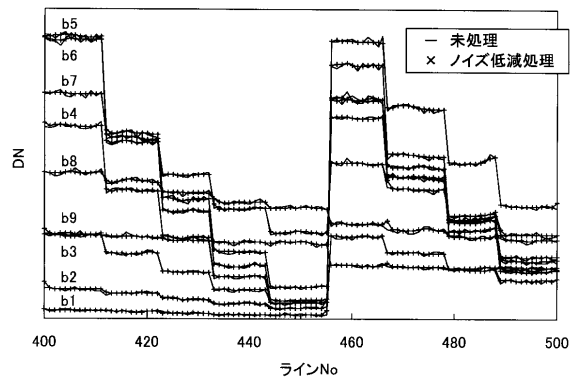
【 図 8 】

第1の実施形態におけるノイズ低減処理のフローチャートを例示する図



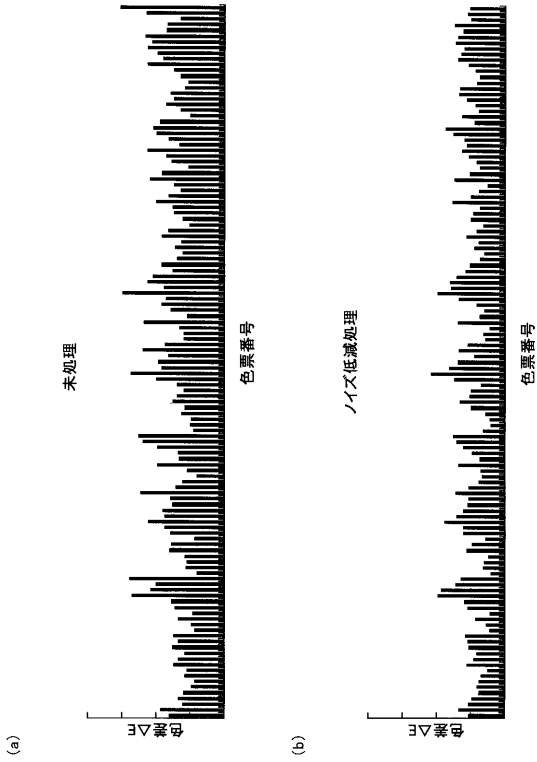
【 図 1 1 】

ノイズ低減処理結果を例示する図



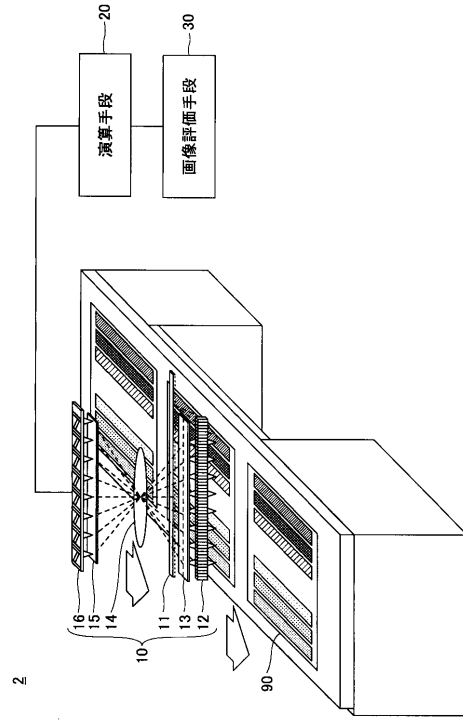
【 図 1 2 】

分光特性計測結果における色差を例示する図



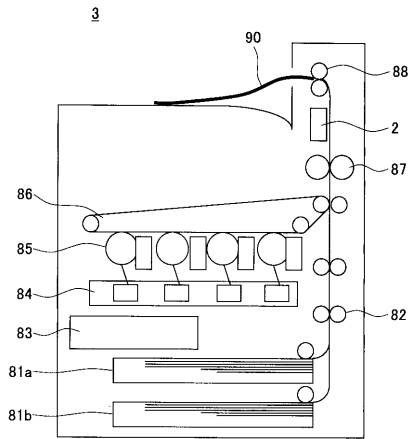
【 図 1 3 】

第2の実施形態に係る画像評価装置の構成を例示する図



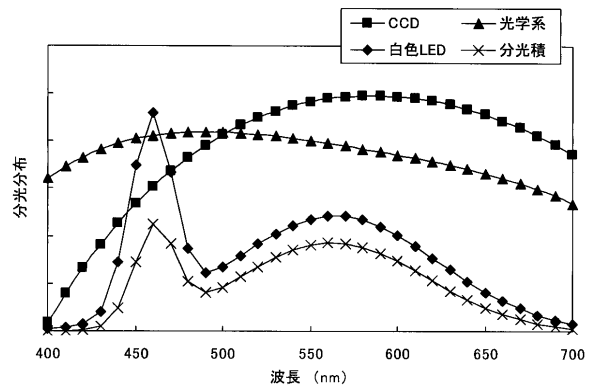
【 図 1 4 】

第3の実施形態に係る画像形成装置の構成を例示する図



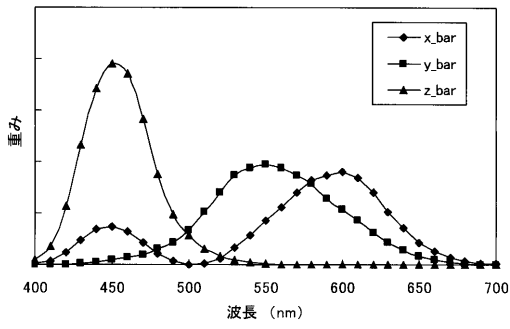
【 図 1 5 】

分光器の分光積を例示する図



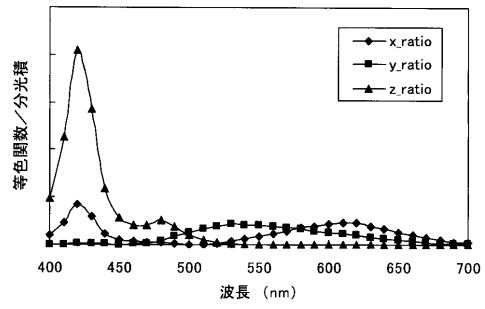
【 図 1 6 】

波長と等色関数との関係を例示する図



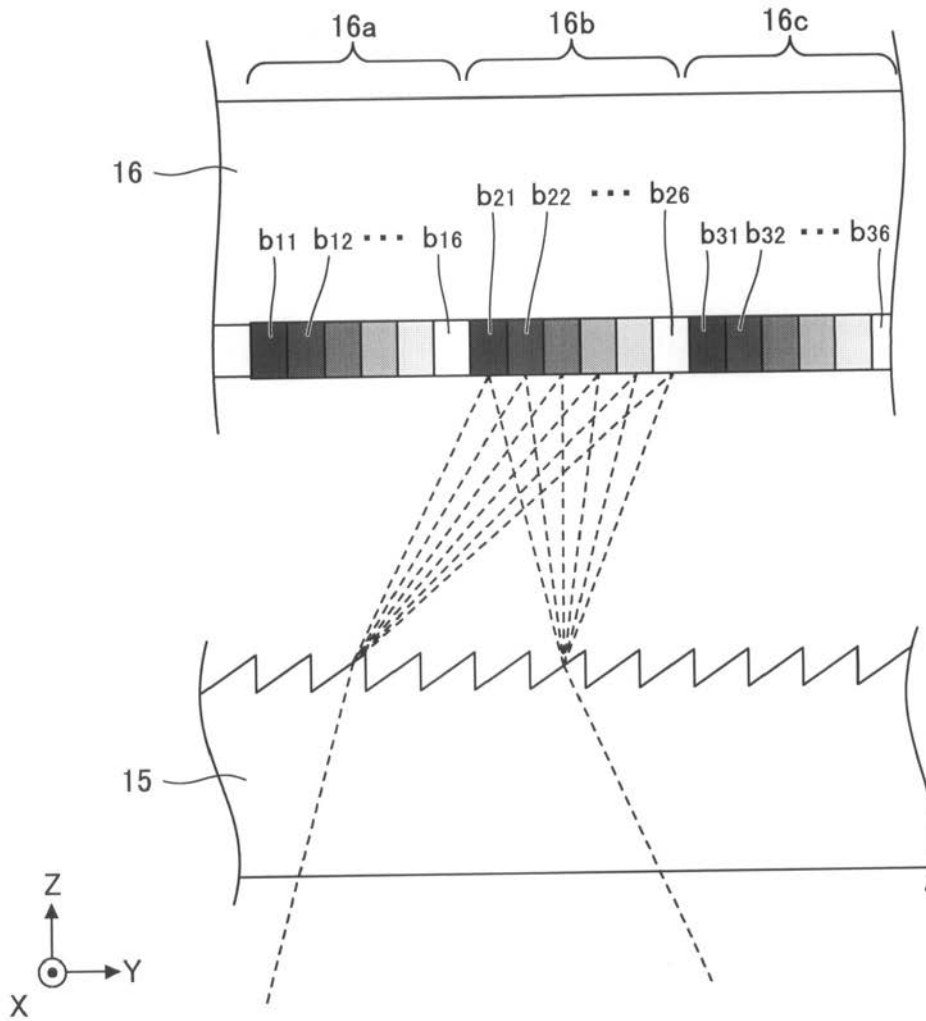
【 図 1 7 】

等色関数と分光積との比を例示する図



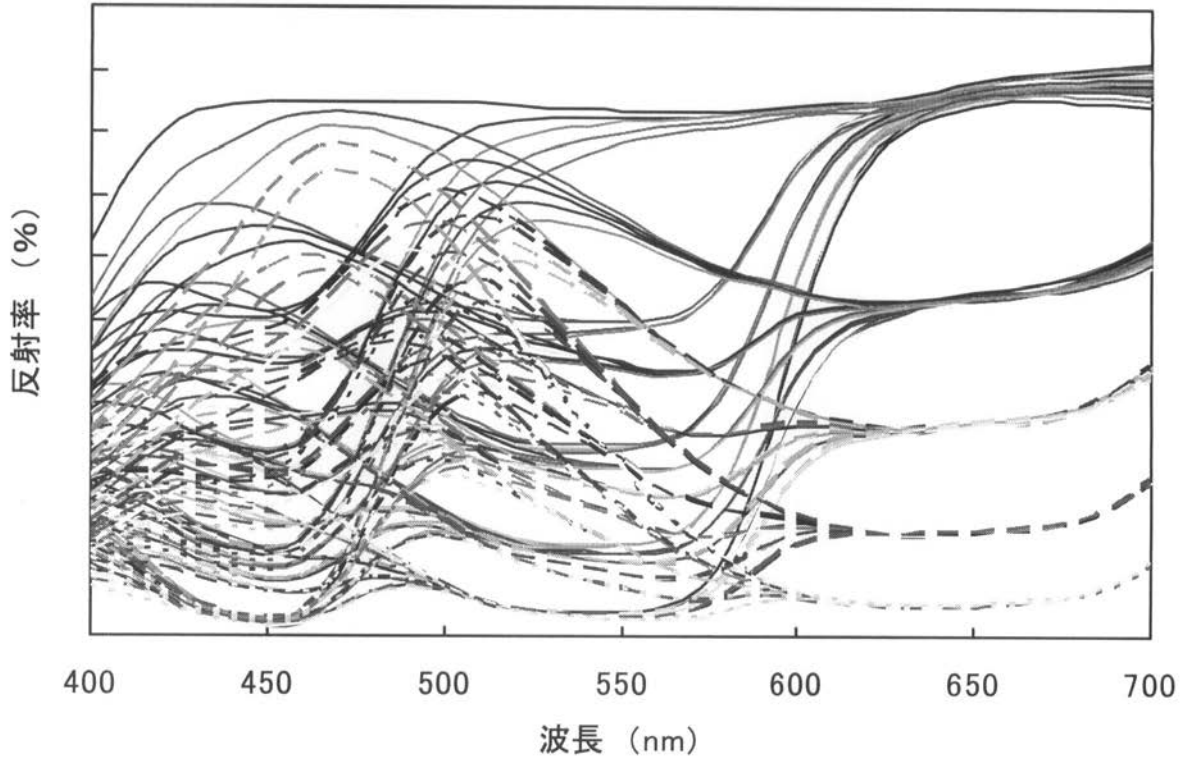
【図2】

第1の実施形態に係る分光特性計測装置の一部を例示する部分拡大図



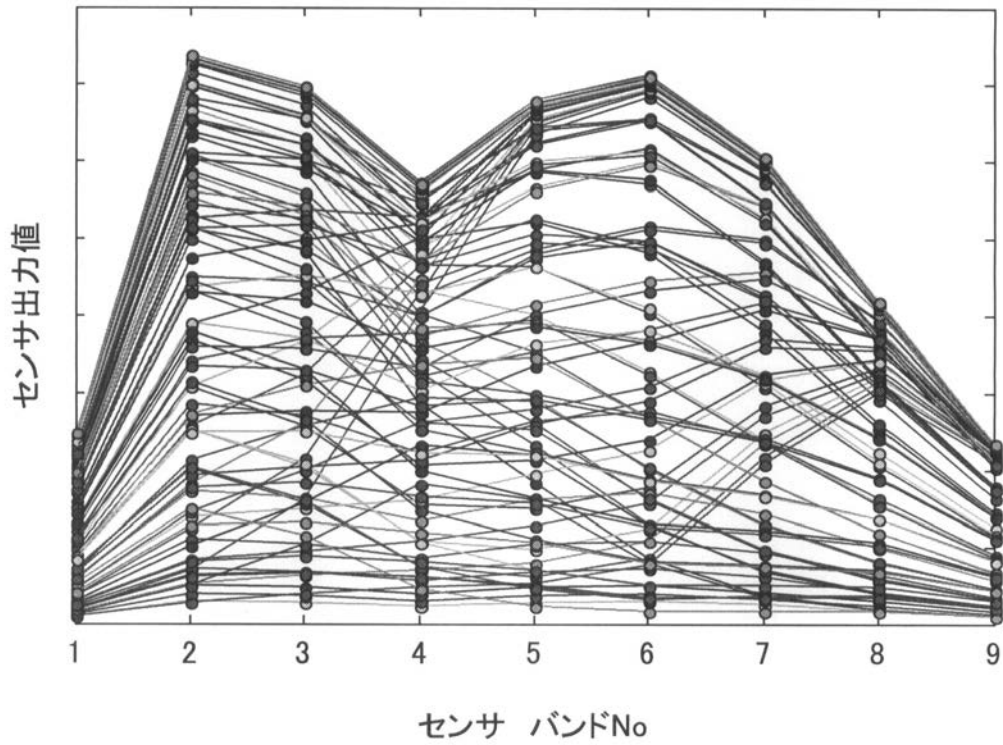
【 図 5 】

色票の分光反射率を例示する図



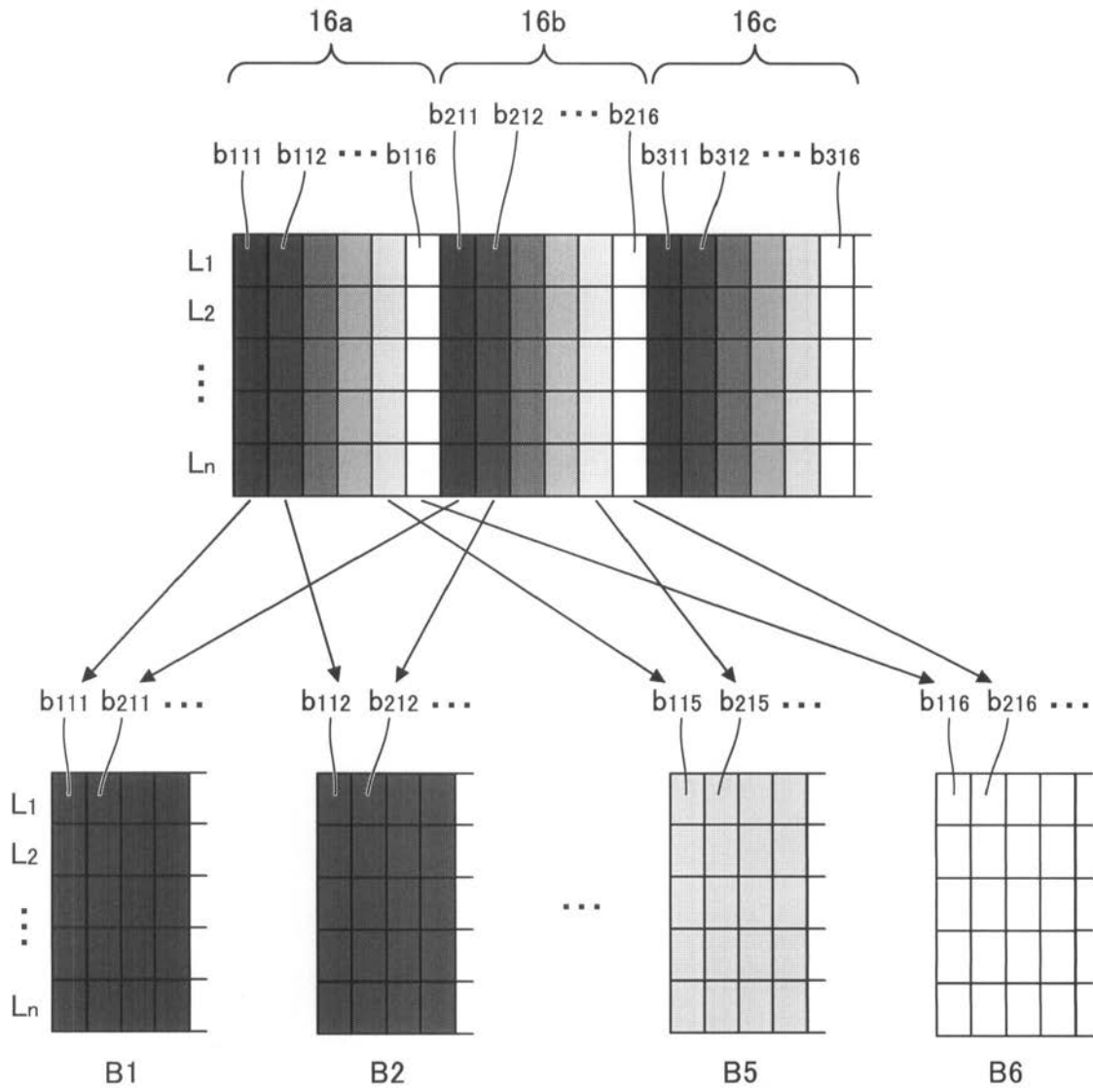
【 図 6 】

第1の実施形態に係る分光特性計測装置で色票を測定した際のセンサ出力値を例示する図



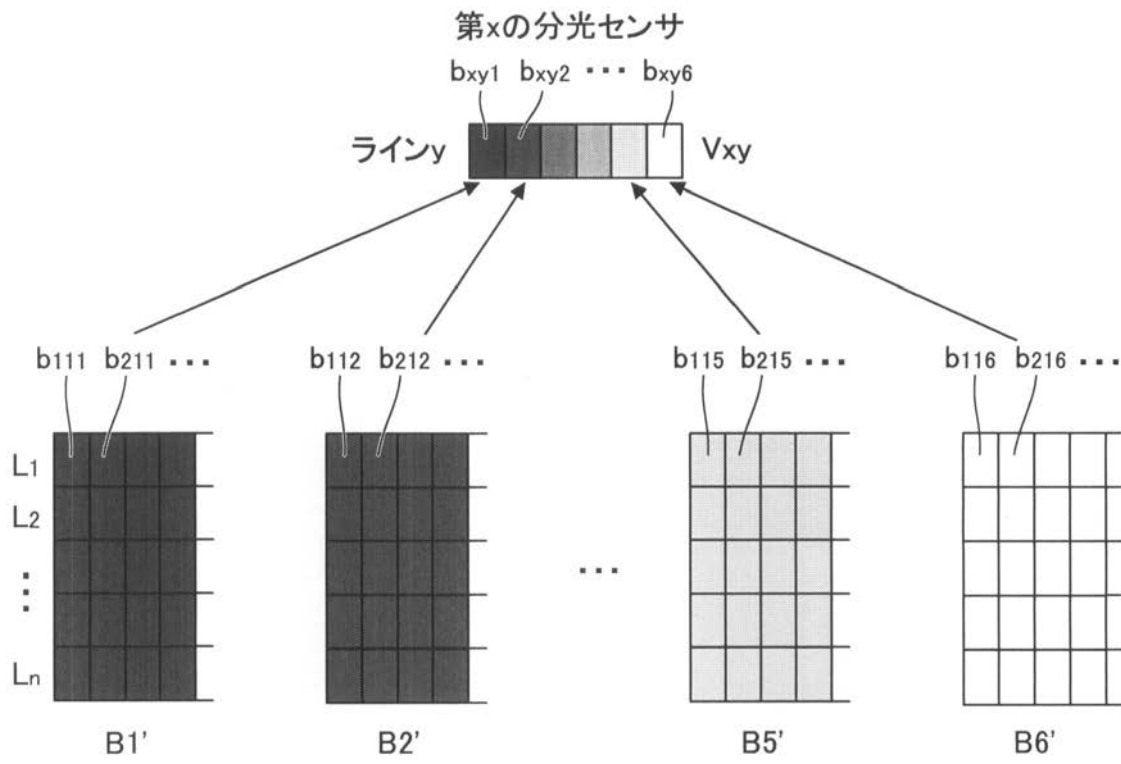
【 図 9 】

ノイズ低減処理について説明する図(1)



【図10】

ノイズ低減処理について説明する図(2)



フロントページの続き

(72)発明者 新保 晃平

東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式会社リコー内

Fターム(参考) 2G020 AA04 AA08 CC02 CC63 CD06 CD12 CD24 CD38 DA05 DA12
DA34 DA43 DA65
2H270 LA19 LA20 LB06 LD02 LD03 LD08 MA07 MA08 MB04 MB25
MB46 ZC03 ZC04
2H300 EB04 EB07 EB12 EC02 EC05 EH32 EH38 GG12 GG32 RR34
RR35 RR37 RR50 SS14 TT03 TT04