

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7262927号  
(P7262927)

(45)発行日 令和5年4月24日(2023.4.24)

(24)登録日 令和5年4月14日(2023.4.14)

(51)国際特許分類		F I			
G 0 1 J	3/51 (2006.01)	G 0 1 J	3/51		
H 0 4 N	1/60 (2006.01)	H 0 4 N	1/60		
G 0 6 T	1/00 (2006.01)	G 0 6 T	1/00	5 1 0	
G 0 1 N	21/27 (2006.01)	G 0 1 N	21/27		A

請求項の数 15 (全17頁)

(21)出願番号	特願2018-66925(P2018-66925)	(73)特許権者	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22)出願日	平成30年3月30日(2018.3.30)	(74)代理人	100126240 弁理士 阿部 琢磨
(65)公開番号	特開2019-178892(P2019-178892 A)	(74)代理人	100124442 弁理士 黒岩 創吾
(43)公開日	令和1年10月17日(2019.10.17)	(72)発明者	瀬戸 貴公 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キ ヤノン株式会社内
審査請求日	令和3年3月10日(2021.3.10)	審査官	平田 佳規

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 画像処理装置、画像処理方法及びプログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

平面上に配置された場合の位置関係が既知の複数の印を含むマーカであって、前記複数の印に囲まれた領域が切り抜かれた前記マーカが貼り付けられた物体を撮像することによって得られる画像データを取得する第1取得手段と、

前記マーカに含まれる複数の印の位置関係を表す情報を取得する第2取得手段と、

前記画像データが表す画像において、前記マーカに含まれる複数の印の位置関係を抽出する抽出手段と、

前記情報が表す位置関係と前記抽出された位置関係とに基づいて、前記画像データを補正する補正手段と、

前記マーカが有する白色領域における色情報に基づいて、前記画像における前記物体の表面に生じた照度ムラを低減する低減手段と、

前記補正手段により補正され、前記低減手段により照度ムラが低減された画像を表す画像データに基づいて、前記物体の表面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処理装置。

【請求項2】

前記第2取得手段は、前記マーカが平面上に配置された場合の、前記マーカに含まれる複数の印の位置関係を表す前記情報を取得することを特徴とする請求項1に記載の画像処理装置。

【請求項3】

前記抽出手段は、前記物体の表面の形状に応じた前記画像における前記マーカの歪みを特定するための情報として、前記複数の印の位置関係を抽出することを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の画像処理装置。

【請求項 4】

前記マーカは、前記画像における前記マーカの歪みを特定するための複数の印を有し、  
前記マーカにおいて切り抜かれた領域は、前記物体に配置された際に前記物体の表面を露出させるための領域であることを特徴とする請求項 2 又は請求項 3 に記載の画像処理装置。

【請求項 5】

前記物体の表面の色を評価するために参照する色を表す参照データを取得する第 3 取得手段をさらに有し、

前記評価手段は、前記補正された画像データが表す画像の色と前記参照データが表す色とに基づいて、前記物体の表面の色を評価することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項に記載の画像処理装置。

【請求項 6】

前記評価手段は、前記補正された画像データが表す画像の色と前記参照データが表す色との色差に基づいて、前記物体の表面の色を評価することを特徴とする請求項 5 に記載の画像処理装置。

【請求項 7】

前記評価手段は、前記色差が所定の閾値以上であるか否かを判定することによって、前記物体の表面の色を評価することを特徴とする請求項 6 に記載の画像処理装置。

【請求項 8】

前記複数の印は前記マーカが有する白色領域であって、  
前記抽出手段は、前記画像データが表す画像において、前記複数の印に対応する領域の平均画素値を前記白色領域の色情報として算出し、  
前記低減手段は、前記平均画素値に基づいて、前記画像における前記物体の表面に生じた照度ムラを低減することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 7 のいずれか一項に記載の画像処理装置。

【請求項 9】

前記抽出手段は、前記マーカに含まれる複数の印の位置関係を表す情報として、印それぞれの中心座標を算出することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 8 のいずれか一項に記載の画像処理装置。

【請求項 10】

前記評価手段は、前記補正された画像データが表す画像の空間周波数に基づいて、前記物体の表面の色の分布を評価することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 9 のいずれか一項に記載の画像処理装置。

【請求項 11】

前記マーカに含まれる複数の印は、所定の面積を有する円であることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 10 のいずれか一項に記載の画像処理装置。

【請求項 12】

前記マーカは、少なくとも 4 つの印を有するマーカであることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 11 のいずれか一項に記載の画像処理装置。

【請求項 13】

前記マーカは、前記マーカの識別情報を取得するための領域を有することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 12 のいずれか一項に記載の画像処理装置。

【請求項 14】

コンピュータを請求項 1 乃至請求項 13 のいずれか一項に記載の画像処理装置の各手段として機能させるためのプログラム。

【請求項 15】

10

20

30

40

50

平面に配置された場合の位置関係が既知の複数の印を含むマーカ―であって、前記複数の印に囲まれた領域が切り抜かれた前記マーカ―が貼り付けられた物体を撮像することによって得られる画像データを取得するステップと、

前記マーカ―に含まれる複数の印の位置関係を表す情報を取得するステップと、前記画像データが表す画像において、前記マーカ―に含まれる複数の印の位置関係を抽出するステップと、

前記情報が表す位置関係と前記抽出された位置関係とに基づいて、前記画像データを補正するステップと、

前記マーカ―が有する白色領域における色情報に基づいて、前記画像における前記物体の表面に生じた照度ムラを低減する低減ステップと、

前記補正するステップにおいて補正され、前記低減するステップにおいて照度ムラが低減された画像を表す画像データに基づいて、前記物体の表面の色を評価する評価ステップと、

を有することを特徴とする画像処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、対象物の色を評価するための画像処理技術に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、デジタルカメラから取得された撮像画像を用いて、撮像対象物の色を評価する技術が知られている。特許文献1は、撮像によって得られた検査物の色度分布を基準物の色度分布と比較することにより、色のテクスチャの違いを検査する技術を開示している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開2016-164559号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

物体を撮像して物体の色を評価する場合、物体の形状や撮像条件に応じて、撮像によって取得される色が異なってしまう。しかしながら、特許文献1のような従来の技術においては、物体の形状と撮像条件との少なくとも一方が変わると、色の評価も変わってしまうという課題があった。

【0005】

本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、物体の形状や撮像条件に依らずに、物体の色を評価するための情報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】

【0006】

上記課題を解決するために、本発明に係る画像処理装置は、平面に配置された場合の位置関係が既知の複数の印を含むマーカ―であって、前記複数の印に囲まれた領域が切り抜かれた前記マーカ―が貼り付けられた物体を撮像することによって得られる画像データを取得する第1取得手段と、前記マーカ―に含まれる複数の印の位置関係を表す情報を取得する第2取得手段と、前記画像データが表す画像において、前記マーカ―に含まれる複数の印の位置関係を抽出する抽出手段と、前記情報が表す位置関係と前記抽出された位置関係とに基づいて、前記画像データを補正する補正手段と、前記マーカ―が有する白色領域における色情報に基づいて、前記画像における前記物体の表面に生じた照度ムラを低減する低減手段と、前記補正手段により補正され、前記低減手段により照度ムラが低減された画像を表す画像データに基づいて、前記物体の表面の色を評価する評価手段と、を有することを特徴とする。

【発明の効果】

## 【 0 0 0 7 】

本発明によれば、物体の形状や撮像条件に依らずに、物体の色を評価するための情報を提供することができる。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 0 8 】

【 図 1 】 画像処理システムの構成を示す図

【 図 2 】 画像処理装置の構成を示すブロック図

【 図 3 】 画像処理装置が実行する処理を示すフローチャート

【 図 4 】 マーカーの例を示す図

【 図 5 】 正規化された撮像画像を得るための処理を示すフローチャート

10

【 図 6 】 メタデータの一例を示す図

【 図 7 】 正規化された撮像画像の色情報を算出する処理を示すフローチャート

【 図 8 】 色を評価する処理を示すフローチャート

【 図 9 】 色を評価する処理を示すフローチャート

【 図 1 0 】 マーカーの例を示す図

【 図 1 1 】 ディスプレイに表示する画像の例を示す図

【 発明を実施するための形態 】

## 【 0 0 0 9 】

以下、本発明の実施形態について、図面を参照して説明する。尚、以下の実施形態は本発明を必ずしも限定するものではない。また、本実施形態において説明されている特徴の組み合わせの全てが本発明の解決手段に必須のものとは限らない。

20

## 【 0 0 1 0 】

## 〔 第 1 実施形態 〕

本実施形態においては、物体の形状や撮像条件（撮像方向や撮像距離）に依らない物体の色を評価する。本実施形態における物体（立体物）は、曲面形状を有する車体である。

## 【 0 0 1 1 】

## &lt; 画像処理システムの構成 &gt;

図 1 は、本実施形態における画像処理システムの構成を示す図である。画像処理システムは、撮像装置 1 0 3 と、画像処理装置 1 0 4 と、から構成される。物体 1 0 1 は、撮像対象であり、本実施形態においては、物体 1 0 1 の色が評価対象となる。マーカー 1 0 2 は、色の評価をするために物体 1 0 1 の表面に貼り付けられるマーカーである。マーカー 1 0 2 は、物体 1 0 1 の表面に貼り付けられることによって、物体 1 0 1 の形状を示す特徴を有している。撮像装置 1 0 3 は、物体 1 0 1 の表面に貼り付けられたマーカー 1 0 2 を撮像範囲に含めるように、物体 1 0 1 を撮像するためのデジタルカメラである。本実施形態における物体 1 0 1 は、パーツごとに形状が異なる車体の外装や内装とするが、曲面形状を有する物体であれば物体 1 0 1 は上記一例に限られない。また、撮像装置 1 0 3 は、レンズと C M O S 等の 4 0 0 0 × 2 0 0 0 画素のエリアセンサとを備えており、R（レッド）値、G（グリーン）値、B（ブルー）値の各色 8 ビット、計 2 4 ビットの色情報を画素ごとに有する画像を表す画像データを生成する。尚、撮像装置 1 0 3 は、撮像対象物の色情報の 2 次元分布を取得できるカメラであればどのようなものであってもよく、色数やビット深度、画素数などは上述した一例に限定されない。撮像装置 1 0 3 は U S B（ユニバーサルシリアルバス）等のインターフェースを介して画像処理装置 1 0 4 に接続されている。画像処理装置 1 0 4 は、パーソナルコンピュータ等の汎用のコンピュータである。また、画像処理装置 1 0 4 には、ディスプレイ 1 0 5、マウス 1 0 6、キーボード 1 0 7 が H D M I（登録商標）（高精細度マルチメディアインターフェース）や U S B 等のインターフェースを介して接続されている。

30

40

## 【 0 0 1 2 】

## &lt; マーカー 1 0 2 &gt;

次に、マーカー 1 0 2 について詳細な説明を行う。図 4 は、マーカー 1 0 2 のレイアウトの一例を示す図である。フレーム領域 4 0 1 は黒色の領域であり、フレーム領域 4 0 1

50

上に各種パターンが配置される。また、印領域 4 0 2 は白色の円領域であり、撮像画像の幾何補正を行うために用いられる領域である。マーカー 1 0 2 は、所定の間隔で配置された複数の印領域 4 0 2 から構成されるパターンを含む領域を有する。印領域 4 0 2 は、フレーム領域 4 0 1 上に少なくとも 4 つ以上配置される。図 4 においては、横方向に 6 個、縦方向に 3 個並ぶ計 1 8 個の印領域 4 0 2 が設けられている。尚、被写界深度の影響等によって、撮像画像における印領域 4 0 2 のエッジにボケが発生した場合、印領域 4 0 2 が円形領域である場合は、円形領域の中心座標を 2 値化の閾値等のパラメータに依らずに安定して算出することができる。曲面を有する物体など、様々な方向から撮像することが望ましい場合は特に画像にボケが発生し易い。よって、印領域 4 0 2 の形状は、円形が望ましい。

10

#### 【 0 0 1 3 】

また、図 4 においてハッチングされた領域は評価領域 4 0 3 である。評価領域 4 0 3 は、マーカーにおいて切り抜かれた領域である。このため、マーカー 1 0 2 を物体 1 0 1 に貼り付けると物体 1 0 1 の表面が露出し、物体 1 0 1 の表面の色の評価を行うことができる。評価領域 4 0 3 が印領域 4 0 2 に囲まれるように配置されていることを利用し、評価領域 4 0 3 を撮像することによって得られた撮像画像の幾何補正を行うことによって、物体 1 0 1 の形状や撮像条件に依らない色の評価が可能となる。

#### 【 0 0 1 4 】

また、IDコード領域 4 0 4 は、識別情報をコード化した領域である。識別情報は、マーカー 1 0 2 を識別するための情報であり、製造されたマーカー 1 0 2 ごとに割り振られた番号である。この識別番号により、複数のマーカー 1 0 2 が 1 つの撮像画像中に含まれていても、評価領域 4 0 3 を区別して色を評価することが可能となる。IDコード領域 4 0 4 のパターンは、領域を 8 × 8 画素の計 6 4 個のブロックに分割し、各ブロックを白と黒との 2 値で表現することによって、6 4 ビットの識別番号が表現可能なものを使用する。

20

#### 【 0 0 1 5 】

印領域 4 0 2 の色は、印領域 4 0 2 における照明光の強さの違いを推定するために、白色であることが望ましい。印領域 4 0 2 における照明光の強さの違いを推定することにより、評価領域 4 0 3 において生じる照度ムラの影響を低減することができる。本実施形態における物体 1 0 1 は曲面を有しているため、平面の場合より照明光の強さが位置に応じて変化しやすい。そのため、照度ムラの影響を低減することによって、評価領域 4 0 3 の色を高精度に評価することができる。また、フレーム領域 4 0 1 の色は、印領域 4 0 2 とのコントラストを大きくすることによって、撮像画像から印領域 4 0 2 の抽出する処理を高精度に行うため、黒色が望ましい。

30

#### 【 0 0 1 6 】

マーカー 1 0 2 は、上述したレイアウトを、物体 1 0 1 の表面に合わせて自由に曲げることのできるフレキシブルな基材上に印刷したものである。尚、基材はマグネットや吸着シートなど、貼ったり剥がしたりを繰り返すことのできる素材が望ましい。また、マーカー 1 0 2 は、マーカー 1 0 2 に皺ができないように、また、物体 1 0 1 の表面との間に隙間ができないように、貼り付けられることが望ましい。また、印刷に用いるインクやトナーなどの記録材を拡散性を有するマットな記録材とすることによって、光源や周囲の映り込みを低減することができるため、印領域 4 0 2 を高精度に抽出できるようになる。

40

#### 【 0 0 1 7 】

##### < 画像処理装置 1 0 4 のハードウェア構成 >

図 2 ( a ) は、画像処理装置 1 0 4 のハードウェア構成を示すブロック図である。画像処理装置 1 0 4 は、CPU 1 0 0 1、ROM 1 0 0 2、RAM 1 0 0 3 を備える。また、画像処理装置 1 0 4 は、VC ( ビデオカード ) 1 0 0 4、汎用 I / F ( インターフェース ) 1 0 0 5、SATA ( シリアルATA ) I / F 1 0 0 6、NIC ( ネットワークインターフェースカード ) 1 0 0 7 を備える。CPU 1 0 0 1 は、RAM 1 0 0 3 をワークメモリとして、ROM 1 0 0 2、HDD ( ハードディスクドライブ ) 1 0 1 3 などに格納された OS ( オペレーティングシステム ) や各種プログラムを実行する。また、CPU 1 0 0

50

1は、システムバス1008を介して各構成を制御する。尚、後述するフローチャートによる処理は、ROM1002やHDD1013などに格納されたプログラムコードがRAM1003に展開され、CPU1001によって実行される。VC1004には、ディスプレイ105が接続される。汎用I/F1005には、シリアルバス1009を介して、マウス106やキーボード107などの入力デバイス1010や撮像装置103が接続される。SATAI/F1006には、シリアルバス1012を介して、HDD1013や各種記録メディアの読み書きを行う汎用ドライブ1014が接続される。NIC1007は、外部装置との間で情報の入力及び出力を行う。CPU1001は、HDD1013や汎用ドライブ1014にマウントされた各種記録メディアを各種データの格納場所として使用する。CPU1001は、プログラムによって提供されるUI(ユーザインターフェース)をディスプレイ105に表示し、入力デバイス1010を介して受け付けるユーザ指示などの入力を受信する。

10

#### 【0018】

<画像処理装置104の機能構成>

図2(b)は、画像処理装置104の機能構成を示すブロック図である。OS201は、オペレーティングシステムであり、入出力の制御、および、アプリケーションの起動や切り替え等を行う命令群である。また、デバイスドライバ202は、OS201に含まれるデバイスドライバであり、画像処理装置104に接続された撮像装置103、ディスプレイ105、マウス106、キーボード107等の機器を制御する命令群である。各種アプリケーションは、OS201に所定の命令を送ることにより、これらの機器を制御することが可能である。

20

#### 【0019】

撮像アプリケーション203は、撮像装置103を用いた撮像を行い、撮像によって得られた画像データをHDD1013に保存する一連の操作を実現するための命令群である。具体的には、マウス106やキーボード107を介して入力されるユーザの指示に基づいて、撮像装置103のISO感度、シャッター速度、絞り値等を変更する命令や、撮像実行命令、画像データの転送命令などをOS201に送る。そして、その結果をディスプレイ105に表示する。

#### 【0020】

色評価アプリケーション204は、物体101の表面に貼り付けられたマーカー102を撮像することによって得られた撮像画像データを処理し、物体101の色を評価するための命令群である。色評価アプリケーション204は、撮像画像データ取得部205、メタデータ取得部206、抽出部207、幾何補正部208、照度ムラ補正部209、参照画像データ取得部210、評価部211を有する。撮像画像データ取得部205は、物体101の表面に貼り付けられたマーカー102を撮像することによって得られた撮像画像データを取得する。メタデータ取得部206は、撮像画像データが表す撮像画像を正規化するために用いるメタデータを取得する。ここで、メタデータはマーカー画像(正規画像)についての詳細を示すメタデータである。また、正規画像に合わせて撮像画像の画素座標を統一するために幾何補正を行うことを正規化と呼ぶ。抽出部207は、撮像画像においてマーカー102のIDコード領域404を抽出し、マーカー102の識別番号を読み取る。幾何補正部208は、メタデータに基づいて、撮像画像を正規化する。照度ムラ補正部209は、正規化された撮像画像に含まれる照度ムラを低減するために、正規化された撮像画像を補正する。参照画像データ取得部210は、正規化された撮像画像と比較するための参照画像を表す参照画像データを取得する。評価部211は、正規化された撮像画像を表す撮像画像データと参照画像データとに基づいて、物体の101の色を評価する。

30

40

#### 【0021】

<画像処理システムが実行する処理>

本実施形態における画像処理システムが実行する処理の流れを、図3のフローチャートを用いて説明する。以下、各ステップ(工程)は符号の前にSをつけて表す。

#### 【0022】

50

S 3 0 1において、撮像アプリケーション2 0 3は、ユーザからの撮像指示に応じて、物体1 0 1におけるマーカー1 0 2が貼り付けられた領域を撮像装置1 0 3を用いて撮像する。撮像によって得られた撮像画像データは、H D D 1 0 1 3に送られ、保存される。S 3 0 2において、色評価アプリケーション2 0 4は、保存された撮像画像データに対する処理を行い、正規化された撮像画像を表す撮像画像データを生成する。S 3 0 2の処理の詳細は後述する。S 3 0 3において、色評価アプリケーション2 0 4は、正規化された撮像画像を表す撮像画像データに基づいて物体1 0 1の色を評価し、評価結果をディスプレイ1 0 5に表示させる。S 3 0 3の処理の詳細は後述する。

#### 【 0 0 2 3 】

< S 3 0 2における処理 >

以下においては、S 3 0 2において色評価アプリケーション2 0 4が実行する処理の詳細を説明する。図5は、S 3 0 2において色評価アプリケーション2 0 4が実行する処理の流れを示すフローチャートである。色評価アプリケーション2 0 4がO S 2 0 1から起動命令を受けると、まず、S 5 0 1の処理が実行される。

#### 【 0 0 2 4 】

S 5 0 1において、撮像画像データ取得部2 0 5は、S 3 0 2における撮像によって得られた撮像画像データを取得する。具体的には、ファイルダイアログ等をディスプレイ1 0 5に表示させ、入力デバイス1 0 1 0を介したユーザの指示に応じて撮像画像データをH D D 1 0 1 3からR A M 1 0 0 3等の主記憶装置に読み込む。

#### 【 0 0 2 5 】

S 5 0 2において、抽出部2 0 7は、撮像画像においてI Dコード領域4 0 4に対応する領域を抽出し、抽出した領域のパターンからマーカー1 0 2の識別番号を読み取る。具体的には、抽出部2 0 7は、撮像画像の画素値を2値化する。この2値化処理は、所定の閾値以上の画素値を有する画素を白、所定の閾値未満の画素値を有する画素を黒とする2値化処理である。2値化処理後の撮像画像において公知のキャニー法を用いてエッジ位置を抽出し、8つの近傍画素にエッジ位置がある画素を同一の輪郭とみなしてグループ化する輪郭抽出を行う。抽出した複数の輪郭グループの中から四角形の輪郭を選択し、I Dコード領域4 0 4が実際の形状と同じになるように輪郭を変形する。変形された輪郭の内部のパターンを、8 × 8画素のブロックに分割し、各ブロックの濃淡に基づいて識別番号を読み取る。

#### 【 0 0 2 6 】

S 5 0 3において、メタデータ取得部2 0 6は、撮像画像を正規化するために用いるメタデータをH D D 1 0 1 3からR A M 1 0 0 3等の主記憶装置に読み込む。ここで、図6を用いてメタデータについて説明する。

#### 【 0 0 2 7 】

図6 ( a )はメタデータの一例を示す図である。領域6 0 1は、正規化後の撮像画像のサイズを記録する領域であり、幅及び高さがピクセル単位で記録される。領域6 0 2は、正規化後の撮像画像における印領域4 0 2それぞれの中心の座標値を示す領域であり、正規化後の撮像画像の左上を原点とする2次元の座標値がピクセル単位で各行に記録される。したがって、領域6 0 2には、印領域4 0 2の数と同じ数の行が記録される。領域6 0 3は、図6 ( b )において破線で示した矩形の情報を記録する領域である。領域6 0 2に記録された印領域4 0 2の中心を頂点とし、矩形の4つの頂点に対応した領域6 0 2における行番号が領域6 0 3の各行に記録される。領域6 0 4は、正規化後の撮像画像における評価領域4 0 3それぞれの位置、大きさを記録する領域である。正規化後の撮像画像における評価領域4 0 3の左上の座標値と、幅及び高さがピクセル単位で各行に記録される。このメタデータは、テキスト形式でH D D 1 0 1 3に予め保存されている。

#### 【 0 0 2 8 】

S 5 0 4において、抽出部2 0 7は、撮像画像データに基づいて、印領域4 0 2の中心座標を、撮像画像におけるマーカーの歪みを特定するための情報として算出する。また、抽出部2 0 7は、白色情報として印領域4 0 2それぞれの平均画素値を算出する。ここで

10

20

30

40

50

は、S 5 0 2と同様に輪郭抽出までの処理を行い、輪郭グループの中から円または楕円となる輪郭の候補を選択する。輪郭の候補として選択された円または楕円の輪郭により囲まれる面積を算出し、算出した各輪郭の面積と予め設定された印領域 4 0 2 の面積との差に応じて候補の順位づけを行う。順位 1 ~ 1 8 の印領域 4 0 2 に対応する複数の輪郭を抽出し、各輪郭の中心座標値と輪郭内部の平均画素値とを算出する。各輪郭の中心座標値の相対的な位置関係が、領域 6 0 2 に記載されている座標値の相対的な位置関係と一致するように各輪郭の中心座標値と平均画素値とをソートする。

【 0 0 2 9 】

S 5 0 5 において、幾何補正部 2 0 8 は、物体 1 0 1 の表面に貼り付けられたマーカー 1 0 2 を撮像することによって得られた撮像画像をメタデータに基づいて正規化し、正規化された撮像画像を表す撮像画像データを得る。S 5 0 5 の処理の詳細を図 7 のフローチャートを用いて説明する。

10

【 0 0 3 0 】

S 7 0 1 において、幾何補正部 2 0 8 は、メタデータから矩形の頂点座標を読み込む。具体的には、メタデータから、領域 6 0 3 に示した矩形情報から一行を読み取り、各頂点に対応する座標値を領域 6 0 2 から読み取る。S 7 0 2 において、幾何補正部 2 0 8 は、S 5 0 4 において算出した印領域 4 0 2 の中心座標から、S 7 0 1 において座標値を読み取った各頂点に対応する座標値を読み取る。印領域 4 0 2 の中心座標の順は、すでに S 5 0 4 において領域 6 0 2 に登録されている座標値の順と一致するようにソートされている。このため、S 7 0 2 においては、S 7 0 1 と同様に領域 6 0 3 に記載されている頂点の番号に対応する中心座標を抽出すればよい。

20

【 0 0 3 1 】

S 7 0 3 において、幾何補正部 2 0 8 は、S 7 0 1 において読み込んだ頂点の座標値によって形成される平面を、S 7 0 2 において読み込んだ頂点の座標値で形成される平面に射影するホモグラフィ行列を算出する。ここで、ホモグラフィ行列は、a ~ h を要素として有する、式 ( 1 ) によって表される行列である。尚、( u ´ , v ´ ) は正規化されていない撮像画像における座標値、( u , v ) は正規化された撮像画像における座標値である。u ´ は正規化されていない撮像画像における横方向の画素位置 ( 座標 ) であり、v ´ は正規化されていない撮像画像における縦方向の画素位置 ( 座標 ) である。u は正規化された撮像画像における横方向の画素位置 ( 座標 ) であり、v は正規化された撮像画像における縦方向の画素位置 ( 座標 ) である。

30

【 0 0 3 2 】

【 数 1 】

$$\begin{bmatrix} u' \\ v' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} \cdots \text{式 (1)}$$

【 0 0 3 3 】

式 ( 1 ) に示すホモグラフィ行列は、自由度が 8 であるため、矩形の 4 つの頂点座標の対応関係に基づいて連立一次方程式を解くことによって算出する。

40

【 0 0 3 4 】

S 7 0 4 において、幾何補正部 2 0 8 は、正規化される前の撮像画像に基づいて、正規化された撮像画像の各画素の色情報を算出する。まず、幾何補正部 2 0 8 は、正規化された後の撮像画像を表す撮像画像データを格納する記憶領域を R A M 1 0 0 3 に確保する。つまり、領域 6 0 1 に記録された幅及び高さを有し、正規化される前の撮像画像と同じ R 値、G 値、B 値の各色 8 ビット、計 2 4 ビットの色情報を各画素が有する画像を表す画像データを格納する記憶領域を R A M 1 0 0 3 に確保する。尚、この処理を複数の矩形に対して繰り返し行う場合は、最初の処理時のみ、この記憶領域が確保される。次に、幾何補

50

正部 208 は、正規化された撮像画像において対象とする矩形内の各画素の座標値 ( $u$ ,  $v$ ) を式 (1) に従って変換し、撮像画像における座標値 ( $u'$ ,  $v'$ ) を算出する。幾何補正部 208 は、撮像画像における座標値 ( $u'$ ,  $v'$ ) の色情報を、周辺画素の色情報から公知の線形補間やバイキュービック補間等によって算出し、その色情報を正規化された撮像画像の座標値 ( $u$ ,  $v$ ) における色情報とする。S701 ~ S704 の処理は、領域 603 の各行において定義される全ての矩形に対して行われ、これにより正規化された撮像画像を表す撮像画像データが得られる。

#### 【0035】

S506 において、照度ムラ補正部 209 は、正規化された撮像画像における評価領域の照度ムラを低減するため、正規化された撮像画像を補正する。本実施形態においては、白色領域として、印領域 402 を用いるものとして説明する。まず、照度ムラ補正部 209 は、正規化された撮像画像と同じサイズの記憶領域を RAM に確保し、照度ムラ画像データを生成する。次に、照度ムラ補正部 209 は、S504 において算出した各頂点に対応する印領域 402 の平均画素値を白色情報として、各矩形の頂点座標に位置する画素の色情報を算出する。次に、照度ムラ補正部 209 は、各矩形内部の画素値を、各矩形の頂点位置と各矩形内部の画素との距離に応じた重みを加えた加重平均により算出する。次に、照度ムラ補正部 209 は、この照度ムラ画像データに基づいて、正規化された撮像画像を補正する。評価領域ごとに照度ムラ画像の色情報の平均値を算出し、(色情報の平均値 / 着目画素の色情報) となる係数を画素ごとに算出する。正規化された撮像画像における評価領域の各画素の色情報に、その画素に対応した係数を乗じることにより補正を行う。補正された撮像画像は、ディスプレイ 105 において表示される。尚、補正された撮像画像はディスプレイ 105 において表示するのではなく、補正された撮像画像を表す撮像画像データを、HDD 1013 内のユーザが指定した任意の場所に保存してもよい。

#### 【0036】

< S303 における処理 >

以下においては、S303 において色評価アプリケーション 204 が実行する処理の詳細を説明する。図 8 は、S303 において色評価アプリケーション 204 が実行する処理の流れを示すフローチャートである。

#### 【0037】

S801 において、参照画像データ取得部 210 は、撮像画像との比較の対象である参照画像を表す参照画像データを取得する。参照画像は、物体 101 とは別の物体に貼り付けたマーカー 102、又は、物体 101 と同じ物体の異なる位置に貼り付けたマーカー 102 を撮像することによって得られる画像データを S303 における処理によって正規化した画像である。S801 において、参照画像データ取得部 210 は、予め HDD 1013 内の任意の場所に保存された参照画像データを読み込む。

#### 【0038】

S802 において、評価部 211 は、正規化された撮像画像における評価領域 403 の全画素において、各画素の色情報と、参照画像の同一位置における画素の色情報と、の色差を算出する。ここで色差は、RGB 各チャンネルの平均二乗誤差とする。尚、色差は、RGB を CIE L\* a\* b\* 色空間など変換式を用いて等色色空間における色情報に変換し、変換された色情報同士の平均二乗誤差としてもよい。

#### 【0039】

S803 において、色評価部 211 は、S802 において算出した各画素の色差の平均値を評価値として算出する。算出した評価値を所定の値と比較し、評価値が所定の値以下の場合には、撮像画像と参照画像とが同一の色であると判定し、同一の色であることを示す判定結果を通知するダイアログ等の表示をディスプレイ 105 において行う。評価値が所定の値より大きい場合は、同一の色でないことを通知するダイアログ等の表示をディスプレイ 105 において行う。

#### 【0040】

S804 において、色評価部 211 は、色差画像データを生成し、生成した色差画像デ

10

20

30

40

50

ータが表す色差画像をディスプレイ105に表示させる。色差画像は、各画素の色差の大きさを、8ビットの濃淡で示した画像である。図11(a)に、ディスプレイ105に表示させる色差画像の一例を示す。図11(a)の例においては、色差画像における評価領域403に対応する領域1101を切り出して表示している。色差画像を表示することによって、物体101の傷の有無など、ユーザが目視で検査を行うことが可能となる。撮像方向や撮像距離に応じて撮像画像における傷の大きさは異なってしまうが、上述した処理により撮像画像を正規化することによって、物体101の形状や撮像条件に依らない色の評価を行うことができる。よって、物体の検査などを効率化させることができる。尚、S803とS804とは、どちらか一方を行うようにしてもよい。例えば、物体101の検査を行いたい場合は、S803において、同一の色であることを示す判定結果を検査合格としてユーザに通知し、同一の色でないことを示す判定結果を検査不合格としてユーザに通知してもよい。

10

#### 【0041】

##### <第1実施形態の効果>

以上説明したように、本実施形態における画像処理装置は、物体の表面を撮像することによって得られる撮像画像データを取得する。物体の表面の形状を示す情報を抽出する。物体の表面の形状を示す情報に基づいて、撮像画像を補正する。これにより、対象物の異なるパーツ同士、又は、パーツと塗料見本など、形状が違うものの色の違いや傷などが容易に検査可能となる。本実施形態における物体101のような車体の外装に対しては、塗装の均一性を評価することができる。つまり、本実施形態によれば、物体の形状や撮像条件に依らずに、物体の色を評価するための情報を提供することができる。また、立体物においては、位置毎に立体物の表面と照明との距離が異なるため、表面形状に応じた照度ムラが発生する。本実施形態においては、評価領域の周囲の情報に基づいて照度ムラを低減するように撮像画像を補正したため、立体物の表面形状に応じた照度ムラを低減することができ、より高精度に立体物の色を評価することができる。

20

#### 【0042】

##### [第2実施形態]

第1実施形態においては、曲面形状を有する物体表面の色を評価した。物体表面のテクスチャパターンは、物体の形状や撮像条件に応じて大きさが変化したり歪んだりする。本実施形態においては、撮像画像を正規化することにより、テクスチャパターンの大きさの統一と歪みの補正とを行い、物体表面のテクスチャ(色の分布)を評価する。尚、本実施形態における画像処理システムの構成は第1実施形態のものと同様であるため、説明を省略する。また、画像処理システムが実行する処理の流れ、S301及びS302の処理も第1実施形態と同様であるため、説明を省略する。以下において、本実施形態と第1実施形態とで異なる部分を主に説明する。

30

#### 【0043】

##### <S303における処理>

以下においては、S303において色評価アプリケーション204が実行する処理の詳細を説明する。図9は、S303において色評価アプリケーション204が実行する処理の流れを示すフローチャートである。

40

#### 【0044】

S801において、参照画像データ取得部210は、撮像画像との比較の対象である参照画像を表す参照画像データを取得する。参照画像は、物体101とは別の物体に貼り付けたマーカー102、又は、物体101と同じ物体の異なる位置に貼り付けたマーカー102を撮像することによって得られる画像データをS303における処理によって正規化した画像である。S801において、参照画像データ取得部210は、予めHDD1013内の任意の場所に保存された参照画像データを読み込む。

#### 【0045】

S901において、評価部211は、正規化された撮像画像における評価領域403に対して離散フーリエ変換を行う。S902において、評価部211は、S901における

50

離散フーリエ変換の結果に基づいて、評価値を算出する。具体的には、まず、離散フーリエ変換の結果に基づいて、振幅が最大となる空間周波数（ $f_x$ 、 $f_y$ ）を算出する。ここで、 $f_x$ は画像の横方向、 $f_y$ は画像の縦方向の周波数である。次に、式（2）において評価値  $d$  を算出する。

【0046】

【数2】

$$d = \left| \sqrt{f_x^2 + f_y^2} - \sqrt{r_x^2 + r_m^2} \right| \cdots \text{式 (2)}$$

10

【0047】

ここで、（ $r_x$ 、 $r_y$ ）は予め設定された基準の周波数である。

【0048】

S903において、評価部211は、評価値に基づいて、撮像画像のテクスチャが参照画像と同一のパターンを有するテクスチャであるか否かを判定し、判定結果をディスプレイ105に表示させる。評価値  $d$  が所定の値以下である場合は、撮像画像のテクスチャが参照画像と同一のパターンを有するテクスチャであることを通知するダイアログ等の表示をディスプレイ105において行う。また、評価値  $d$  が所定の値より大きい場合は、撮像画像のテクスチャが参照画像と同一のパターンを有さないテクスチャであることを通知するダイアログ等の表示をディスプレイ105において行う。

20

【0049】

S904において、評価部211は、離散フーリエ変換によって得られた画像をディスプレイ105に表示させる。離散フーリエ変換によって得られた画像は、離散フーリエ変換によって算出される各画素の振幅値を、8ビット等の濃淡で示した画像である。離散フーリエ変換によって得られた画像を表示することによって、ユーザが目視で検査を行うことが可能となる。尚、S903とS904とは、どちらか一方を行うようにしてもよい。例えば、物体101の検査を行いたい場合は、S903において、同一のテクスチャであることを示す判定結果を検査合格としてユーザに通知し、同一のテクスチャでないことを示す判定結果を検査不合格としてユーザに通知してもよい。

30

【0050】

<第2実施形態の効果>

以上説明したように、本実施形態における画像処理装置は、曲面形状を有する物体表面のテクスチャ、つまり色の分布を、テクスチャパターンの大きさの統一と歪みの補正とを行うことによって評価した。よって、立体物の色を高精度に評価することができる。

【0051】

[その他の実施形態]

上述した実施形態におけるマーカー102は、図4に示したレイアウトであったが、マーカーのレイアウトは上記一例に限定されない。図10は、マーカー102の変形例を示す図である。図10(a)に示すように、マーカー102は、印領域402の座標を撮像画像から抽出することができれば、IDコード領域404を有していなくてもよい。また、図10(b)に示すように、縦方向、又は横方向の印領域402を減らし、評価領域403を大きくしてもよい。この場合、省略された印領域402の座標値及び平均画素値は、他の印領域402の座標値及び平均画素値を用いた線形補間等により算出できる。また、図10(c)に示すように、フレーム領域401と印領域402との色を反転させたものであってもよい。これにより、物体101が黒色などのフレーム領域401の色と近い場合であっても、マーカー102の位置を抽出し易くなる。この場合、照度ムラの低減処理における白色情報を、各印領域402の平均画素値の代わりに、各印領域402の外周に位置するフレーム領域401の画素値とすればよい。

40

50

## 【 0 0 5 2 】

上述した実施形態における色評価アプリケーション 2 0 4 は、照度ムラ補正部 2 0 9 を有していたが、色評価アプリケーション 2 0 4 は照度ムラ補正部 2 0 9 を有していなくてもよい。この場合、S 5 0 6 における補正を行わずに S 3 0 2 を終了し、処理を S 3 0 3 に移行する。また、照度ムラ補正を行うモードか行わないモードかをユーザに指定させ、指定されたモードに応じて処理を切り替えてもよい。

## 【 0 0 5 3 】

上述した実施形態における印領域 4 0 2 の形状は円形であったが、印領域 4 0 2 の形状は円形に限られない。例えば、印領域 4 0 2 の形状は三角形であってもよい。また、I D コード領域 4 0 4 を有さないマーカを用いる場合や、I D コード領域 4 0 4 と大きさによって区別することができる場合には、印領域 4 0 2 の形状は四角形であってもよい。

10

## 【 0 0 5 4 】

上述した実施形態におけるマーカ 1 0 2 は、物体 1 0 1 に貼り付けられたが、物体 1 0 1 の形状に応じた撮像ができるように配置されていれば、貼り付けられていなくてもよい。例えば、プロジェクタによって投影されたマーカ画像をマーカ 1 0 2 として用いてもよい。

## 【 0 0 5 5 】

上述した実施形態においては、S 5 0 2 において、抽出部 2 0 7 は、キャニー法を用いてエッジの抽出を行ったが、エッジの抽出方法は上記一例に限定されない。例えば、ソーベルフィルタを用いてエッジの抽出を行ってもよい。

20

## 【 0 0 5 6 】

上述した実施形態においては、S 8 0 4 において、色評価部 2 1 1 は、色差画像をディスプレイ 1 0 5 に表示させたが、ディスプレイ 1 0 5 に表示させる画像は色差画像だけでなくてもよい。例えば、図 1 1 ( b ) に示すように、正規化後の撮像画像と参照画像と色差画像との 3 つの画像をディスプレイ 1 0 5 に表示させてもよい。図 1 1 ( b ) の例においては、正規化後の撮像画像における評価領域 4 0 3 に対応する領域 1 1 0 3、参照画像における評価領域 4 0 3 に対応する領域 1 1 0 2、色差画像における評価領域 4 0 3 に対応する領域 1 1 0 1 を切り出して表示している。

## 【 0 0 5 7 】

上述した実施形態においては、色の比較を行うための参照データとして参照画像データを用いたが、正規化された撮像画像の色と比較するための色を表すデータであれば、参照データは画像データに限られない。

30

## 【 0 0 5 8 】

上述した実施形態においては、画像処理システムが S 3 0 1 において撮像を行い、撮像によって得られた撮像画像データに対して S 3 0 2 の処理を行ったが、処理の流れは上記一例に限定されない。S 3 0 1 における撮像と同様の撮像を予め行っておき、撮像によって得られた撮像画像データを HDD 1 0 1 3 に保存しておくことによって、S 3 0 1 における処理を省略してもよい。また、撮像を行うモードか、予め撮像によって得られた撮像画像データを取得するモードか、をユーザに指定させ、指定されたモードに応じて処理を切り替えてもよい。

40

## 【 0 0 5 9 】

上述した実施形態においては、図 3、図 5、図 7、図 8、図 9 のフローチャートに従って処理を行ったが、処理の順番は各フローチャートに示す処理の流れに限定されない。例えば、S 5 0 3 におけるメタデータの取得は、S 5 0 5 の前に行われるのであれば、S 5 0 1 における撮像画像データの取得と平行して行うなど、図 5 のフローチャートに示す順番に行われなくてもよい。また、S 5 0 4 における印領域 4 0 2 の平均画素値の算出を、S 5 0 6 において行ってもよい。

## 【 0 0 6 0 】

上述した実施形態においては、撮像画像と参照画像とを比較することによって物体 1 0 1 の色の評価を行ったが、参照画像を用いずに色の評価を行ってもよい。例えば、参照す

50

る情報は、画像ではなく、予め決められた色の信号値であってもよい。この場合、参照画像データ取得部 210 は、参照データ取得部 210 として、色の信号値を表す参照データを取得する。また、物体 101 の色の評価を行う際に撮像画像と参照画像との比較を行うモードか行わないモードかをユーザに指定させ、指定されたモードに応じて処理を切り替えてもよい。

#### 【0061】

上述した実施形態においては、フレーム領域 401 上に少なくとも 4 つ以上印領域 402 が配置されたマーカー 102 を用いて処理を行った。しかしながら、撮像装置 103 の撮像パラメータ（焦点距離及び主点位置）をさらに取得するのであれば、3 つの印領域 402 が配置されたマーカーであっても上述したような色の評価を行うことが可能である。

10

#### 【0062】

上述した実施形態においては、物体 101 に貼り付けられたマーカー 102 を利用して撮像画像の正規化を行ったが、撮像画像の正規化はマーカーを利用する方法に限定されない。例えば、物体の形状を測定可能なスキャナ（測定装置）を用いて得られた測定データや、CAD データなどの製図情報を、物体の 3 次元形状を示す形状データとして利用する方法であってもよい。具体的には、まず、上述した方法によって得られた形状データに基づいて、物体を仮想の位置及び姿勢で撮像した画像をシミュレーションする。実際に物体を撮像することによって得られた撮像画像とシミュレーションにより得られた画像との特徴量が一致するか否かを判定する処理を、位置及び姿勢を変えながら繰り返し行う。特徴量が一致する位置及び姿勢のシミュレーション結果に基づいて、物体の 3 次元座標と撮像画像の各画素との対応関係を算出する。算出した対応関係に基づいて、形状データにおける物体を構成するポリゴンを矩形などの所定の形に変形する幾何補正行列を算出し、算出した幾何補正行列を用いて撮像画像を正規化する。

20

#### 【0063】

第 1 実施形態においては物体 101 の色の評価を行い、第 2 実施形態においては物体 101 のテクスチャ（色の分布）の評価を行ったが、両方の評価を行ってもよい。また、色の評価を行うモードかテクスチャの評価を行うモードかをユーザに指定させ、指定されたモードに応じて処理を切り替えてもよい。

#### 【0064】

本発明は、上述の実施形態の 1 以上の機能を実現するプログラムを、ネットワーク又は記憶媒体を介してシステム又は装置に供給し、そのシステム又は装置のコンピュータにおける 1 つ以上のプロセッサがプログラムを読み出し実行する処理でも実現可能である。また、1 以上の機能を実現する回路（例えば、ASIC）によっても実現可能である。

30

#### 【符号の説明】

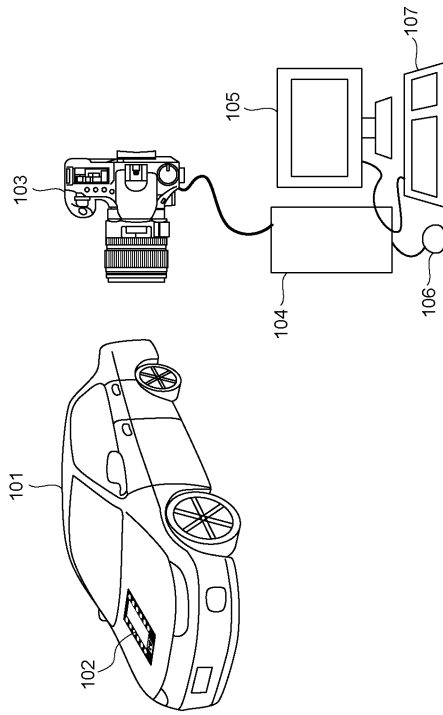
#### 【0065】

- 104 画像処理装置
- 205 撮像画像データ取得部
- 207 抽出部
- 208 幾何補正部

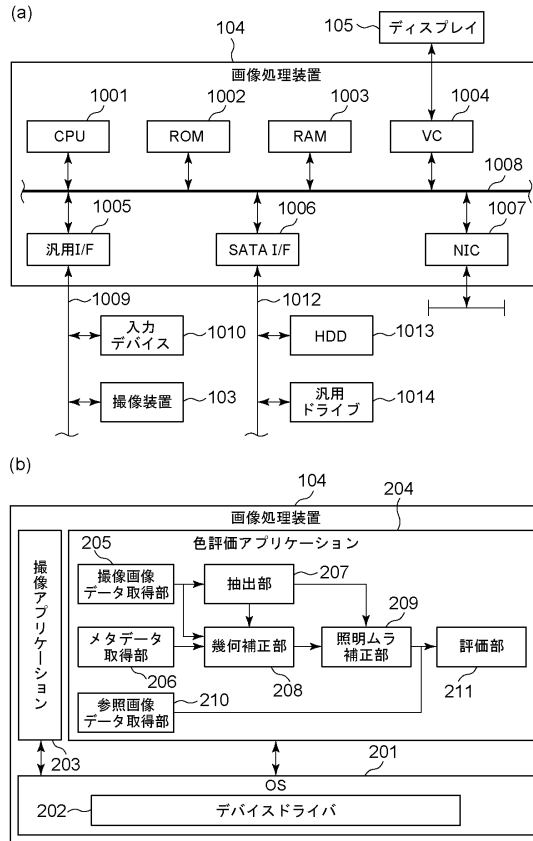
40

【図面】

【図 1】



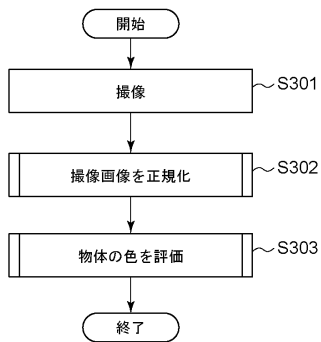
【図 2】



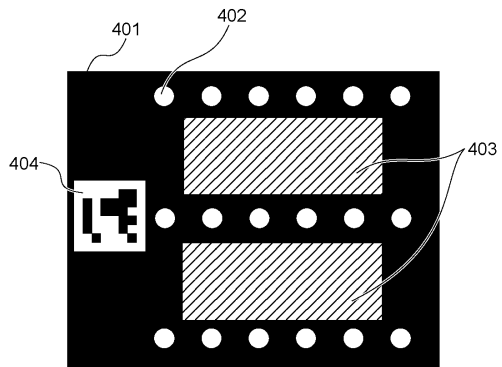
10

20

【図 3】



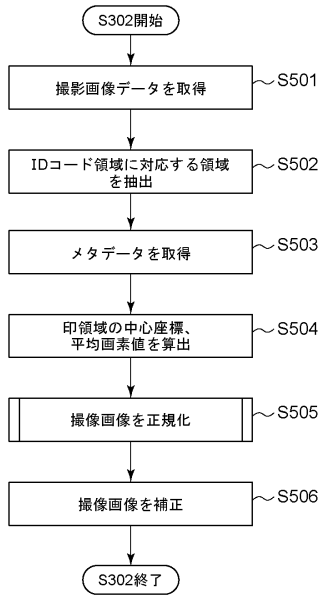
【図 4】



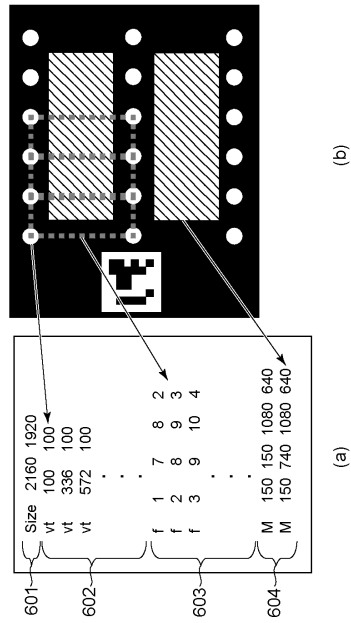
30

40

【図5】



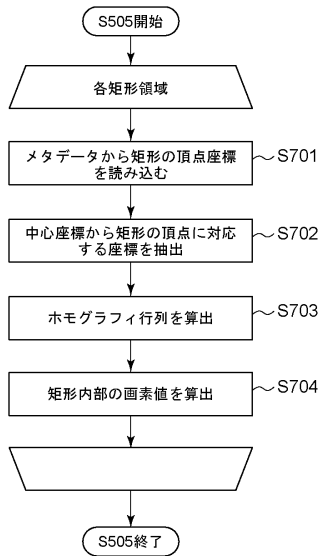
【図6】



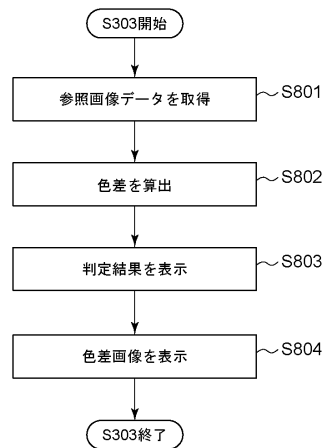
10

20

【図7】



【図8】

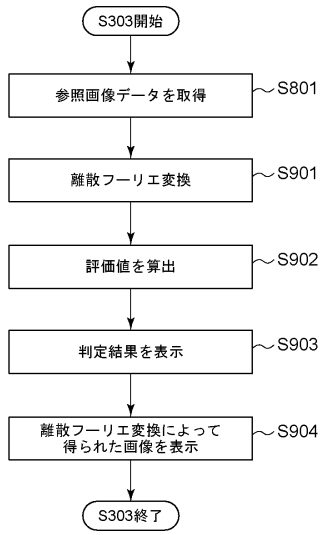


30

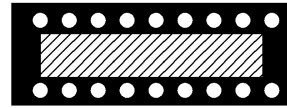
40

50

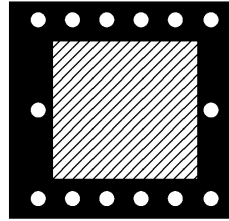
【 図 9 】



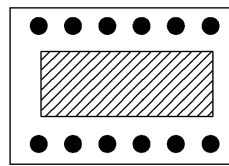
【 図 1 0 】



(a)



(b)



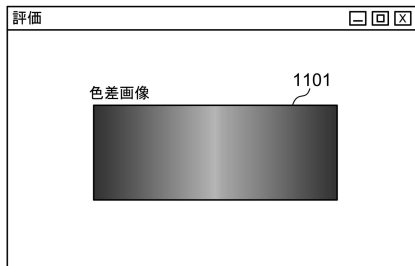
(c)

10

20

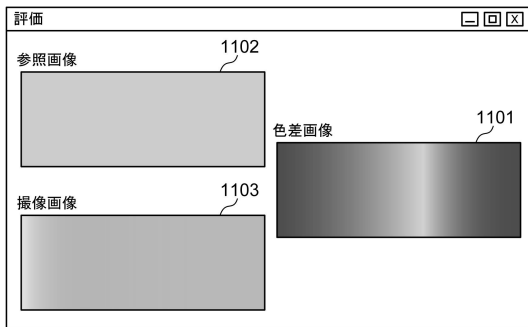
【 図 1 1 】

(a)



30

(b)



40

50

## フロントページの続き

(56)参考文献 特開2015-043836(JP,A)  
特開2013-232115(JP,A)  
特開2008-151740(JP,A)  
特開2004-125434(JP,A)  
特開2015-161809(JP,A)  
特開2014-035261(JP,A)  
特開2007-040839(JP,A)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01J 3/00 - G01J 3/52  
G01N 21/17 - G01N 21/61  
G01N 21/84 - G01N 21/958  
G01B 11/00 - G01B 11/30  
G03B 15/00  
G06T 1/00 - G06T 1/40  
G06T 3/00 - G06T 3/60  
G06T 5/00 - G06T 5/50  
G06T 7/00 - G06T 7/90  
G06V 10/00 - G06V 10/98  
G06V 20/00 - G06V 20/90  
G06V 30/418  
G06V 40/16  
G06V 40/20  
H04N 1/40 - H04N 1/409  
H04N 1/46 - H04N 1/62  
H04N 5/222 - H04N 5/257  
H04N 7/18  
H04N 9/04 - H04N 9/11  
H04N 9/44 - H04N 9/48  
H04N 23/00  
H04N 23/10  
H04N 23/12 - H04N 23/17  
H04N 23/40 - H04N 23/76  
H04N 23/83 - H04N 23/959  
H04N 25/10 - H04N 25/17  
H04N 25/611