

(19) 日本国特許庁 (JP)

## (12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6873601号  
(P6873601)

(45) 発行日 令和3年5月19日 (2021.5.19)

(24) 登録日 令和3年4月23日 (2021.4.23)

(51) Int. Cl.

F I

**B 2 9 C 64/386 (2017.01)**

B 2 9 C 64/386

**B 4 1 J 2/01 (2006.01)**

B 4 1 J 2/01 1 0 9

**B 4 1 J 2/525 (2006.01)**

B 4 1 J 2/525

**B 3 3 Y 50/00 (2015.01)**

B 3 3 Y 50/00

**B 3 3 Y 30/00 (2015.01)**

B 3 3 Y 30/00

請求項の数 13 (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2016-44656 (P2016-44656)  
 (22) 出願日 平成28年3月8日 (2016.3.8)  
 (65) 公開番号 特開2016-203616 (P2016-203616A)  
 (43) 公開日 平成28年12月8日 (2016.12.8)  
 審査請求日 平成31年3月5日 (2019.3.5)  
 (31) 優先権主張番号 特願2015-85109 (P2015-85109)  
 (32) 優先日 平成27年4月17日 (2015.4.17)  
 (33) 優先権主張国・地域又は機関  
 日本国 (JP)

(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  
 (74) 代理人 110001243  
 特許業務法人 谷・阿部特許事務所  
 (72) 発明者 佐野 利行  
 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

審査官 田代 吉成

(56) 参考文献 特開2004-299058 (JP, A  
 )

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】

記録媒体上に色材層および凹凸層を形成するための情報を生成する画像処理装置であって、

対象物の高さを画素毎に表す形状情報を取得する第1取得手段と、

前記形状情報が表す高さを、画素毎に、前記色材層の下に形成する第1凹凸の高さと前記色材層の上に形成する第2凹凸の高さとに分離することにより、前記第1凹凸の高さを表す第1高さ情報と前記第2凹凸の高さを表す第2高さ情報とを生成する第1生成手段と

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凹凸の高さは、前記対象物の高さと前記第1凹凸の高さとの差分であ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】

前記第1生成手段は、注目画素の高さと前記注目画素に隣接する画素の高さとに応じた傾斜角度に基づいて、前記注目画素の高さを分離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】

前記第1生成手段は、前記傾斜角度に基づいて、前記注目画素の高さを分離するか否かを判定し、前記傾斜角度が閾値より大きい場合に前記注目画素の高さを分離し、前記傾斜

角度が前記閾値以下である場合に前記注目画素の高さを分離せずに前記形状情報が表す高さを前記第 1 凹凸の高さとすることを特徴とする請求項 3 に記載の画像処理装置。

【請求項 5】

前記対象物の色を表す色情報を取得する第 2 取得手段と、  
前記色情報に基づいて、前記色材層を形成するための色材データを生成する第 2 生成手段と、  
をさらに有することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 の何れか一項に記載の画像処理装置。

【請求項 6】

前記第 1 生成手段は、前記形状情報に対してローパスフィルタを用いたフィルタ処理を実行することにより、前記第 1 高さ情報を生成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。

10

【請求項 7】

前記ローパスフィルタは、前記第 1 凹凸を形成する色材の特性に応じたローパスフィルタであ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】

前記第 1 生成手段は、前記形状情報に基づいて前記第 1 高さ情報を生成し、前記形状情報における各画素の画素値と、前記第 1 高さ情報における各画素の画素値と、の差分を画素毎に算出することにより、前記第 2 高さ情報を生成することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 7 の何れか一項に記載の画像処理装置。

20

【請求項 9】

前記第 1 高さ情報および前記第 2 高さ情報それぞれを、前記凹凸層を形成する画像形成装置が出力可能な第 1 凹凸データおよび第 2 凹凸データに変換する変換手段をさらに有することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 8 の何れか一項に記載の画像処理装置。

【請求項 10】

前記対象物における傾斜角度よりも前記第 1 凹凸における傾斜角度の方が小さいことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 9 の何れか一項に記載の画像処理装置。

【請求項 11】

前記色材層および前記凹凸層を形成する形成手段と、  
対象物の色を表す色情報を取得する第 2 取得手段と、をさらに有し、  
前記形成手段は、前記記録媒体上に、前記第 1 高さ情報に基づく第 1 凹凸層、前記色情報に基づく前記色材層、前記第 2 高さ情報に基づく第 2 凹凸層の順に重ねて層を形成することを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

30

【請求項 12】

記録媒体上に色材層および凹凸層を形成するための情報を生成する画像処理方法であって、

対象物の高さを画素毎に表す形状情報を取得する取得ステップと、  
前記形状情報が表す高さを、画素毎に、前記色材層の下に形成する第 1 凹凸の高さと前記色材層の上に形成する第 2 凹凸の高さとに分離することにより、前記第 1 凹凸の高さを表す第 1 高さ情報と前記第 2 凹凸の高さを表す第 2 高さ情報とを生成する生成ステップと

40

、  
を有することを特徴とする画像処理方法。

【請求項 13】

コンピュータを請求項 1 乃至請求項 10 の何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。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、色および隆起（凹凸）を形成するためのデータを生成する技術に関する。

【背景技術】

50

## 【 0 0 0 2 】

近年、文化財の保全を目的として3DプリンタやUV硬化型インクを用いたプリンタによる文化財複製が行われている。例えば、油彩画の複製においては、絵具の色、隆起（以下、凹凸ともいう）、艶（以下、光沢ともいう）の再現が必要になってくる。このような再現技術として特許文献1に記載の技術がある。特許文献1には、再現目標の凹凸を形成するための下層（凹凸層）、色を再現するための画像層（色材層）、光沢感を出すための表面層を順次積層する印刷技術が開示されている。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【 0 0 0 3 】

【特許文献1】特開2004-299058号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【 0 0 0 4 】

しかしながら、凹凸層の上に色材層を形成した場合、急峻な斜面上にはインクを積層させることができず、複数観察角度において色を再現できない場合がある。以下、図1を用いて説明する。図1は、再現された対象における凹凸層と、色材層との関係を説明する模式図である。図1(a)は、再現された対象の断面を模式的に表した図である。図1(b)は、凹凸層101の上に色材層102を形成した際の断面図である。図1(b)に示すように角度θが小さい場合、凹凸層101は比較的なだらかな斜面形状を有する。このとき、吐出された色材は斜面上に定着するため、凹凸層101は略均一な厚さの色材層102で全て被覆される。

## 【 0 0 0 5 】

一方、図1(c)に示すように角度θが大きい場合、凹凸層101は急峻な斜面形状を有する。このとき、吐出された色材は、斜面上で定着する前に斜面下方へとインクが流れてしまうため、図1(c)に示すように部分的に色材層が薄くなる箇所103が現れる。このため、例えば図1(c)における矢印の方向から再現された対象を観察した場合、色材層が薄い箇所103を直接観察するため色ムラが出現し、色再現精度が低下してしまうという課題があった。

## 【 0 0 0 6 】

上記の課題に対処するため、色材層を最下層に形成し、凹凸層を色材層の上に無色透明なインク等で形成した場合、凹凸層で光の屈折が起きる。このとき、特に凹凸層の厚さが数百μm～数mm程度と厚くなると、色材層で反射する光の位置が、凹凸層がない場合と比べて大きく変化するため、再現された対象が不自然に見えてしまう課題があった。

## 【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 0 7 】

本発明は、記録媒体上に色材層および凹凸層を形成するための情報を生成する画像処理装置であって、対象物の高さ画素毎に表す形状情報を取得する第1取得手段と、前記形状情報が表す高さを、画素毎に、前記色材層の下に形成する第1凹凸の高さと前記色材層の上に形成する第2凹凸の高さとに分離することにより、前記第1凹凸の高さを表す第1高さ情報と前記第2凹凸の高さを表す第2高さ情報とを生成する第1生成手段と、を有することを特徴とする画像処理装置である。

## 【発明の効果】

## 【 0 0 0 8 】

本発明により、3次元画像を印刷する際に色再現精度を向上させることが可能である。

## 【図面の簡単な説明】

## 【 0 0 0 9 】

【図1】凹凸層と、色材層との関係を説明する模式図

【図2】実施例1における画像形成装置の構成を示す図

【図3】実施例1における面積階調法による中間調表現を説明する図

10

20

30

40

50

- 【図４】実施例１における３次元画像を形成する動作を説明する図  
【図５】実施例１における画像処理装置のハードウェア構成を示すブロック図  
【図６】実施例１における制御部のソフトウェア構成例を示すブロック図  
【図７】実施例１における画像形成装置が実行する処理の概念を説明する図  
【図８】実施例１における画像処理装置が実行する処理のフローチャート  
【図９】実施例１における凹凸情報分離処理のフローチャート  
【図１０】実施例１における様々な傾斜角度のパターンに対する目視結果を示すテーブル  
【図１１】実施例２における凹凸情報分離処理のフローチャート  
【図１２】実施例３における制御部のソフトウェア構成例を示すブロック図  
【図１３】実施例３における画像処理装置が実行する処理のフローチャート  
【図１４】実施例３における層情報作成処理のフローチャート  
【図１５】実施例３におけるルックアップテーブルの一例  
【図１６】実施例４における制御部のソフトウェア構成例を示すブロック図  
【図１７】実施例４における画像処理装置が実行する処理のフローチャート  
【図１８】実施例４における光沢データ生成処理のフローチャート  
【図１９】実施例４におけるテーブルの例  
【発明を実施するための形態】

10

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。ただし、以下の実施形態は本発明を限定するものではなく、また、以下で説明されている特徴の組み合わせの全てが本発明の課題解決に必須のものとは限らない。尚、同一の構成については、同一の符号を付して説明する。

20

#### 【００１１】

##### [ 実施例１ ]

本実施例における画像処理装置は、用紙などの記録媒体上に、色材層と、凹凸層とを形成する画像形成装置が出力可能なデータを生成する。油彩画などの再現対象物は、概ね２次元的な画像であるものの、表面には微細な凹凸が形成されている。そこで本実施例では、油彩画の表面凹凸を表す形状情報と、色情報に基づいて、色材層と凹凸層を形成し、油彩画を再現する。尚、本明細書では、色材層および凹凸層を含む画像を３次元画像という。

30

#### 【００１２】

図５は、本実施例における画像処理装置２４の構成図である。画像処理装置２４は、画像形成装置２５と接続されている。本実施例では、画像処理装置２４として、画像形成装置２５用のプリンタドライバをインストールしたパーソナルコンピュータを想定する。また、画像形成装置２５は凹凸層および色材層を含む３次元画像をインクにより形成するインクジェットプリンタを想定する。まず、画像形成装置２５について説明する。図２は、画像形成装置２５の概略構成を示している。

#### 【００１３】

ヘッドカートリッジ２０１は、複数の吐出口を有する記録ヘッドと、この記録ヘッドにインクを供給するインクタンクとを備え、また、記録ヘッドの各吐出口を駆動する信号などを受信するためのコネクタが設けられている。インクタンクは、凹凸層を形成するためのＵＶ硬化型の無色透明な液体樹脂インク用、色材層を形成するためのシアン、マゼンタ、イエロー、ブラック、ホワイトの各色インク用の計６種が独立に設けられている。ヘッドカートリッジ２０１は、キャリッジ２０２に位置決めして交換可能に搭載されており、キャリッジ２０２には、コネクタを介してヘッドカートリッジ２０１に駆動信号などを伝達するためのコネクタホルダが設けられている。また、キャリッジ２０２には、紫外光照射装置２１０が搭載されている。紫外光照射装置２１０は、吐出された硬化性のインクを硬化させ記録媒体上に固着させるために制御される。

40

#### 【００１４】

キャリッジ２０２は、ガイドシャフト２０３に沿って往復移動可能となっている。具体

50

的には、キャリッジ 202 は、主走査モータ 204 を駆動源としてモータプーリ 205、従動プーリ 206、およびタイミングベルト 207 等の駆動機構を介して駆動されるとともに、その位置及び移動が制御される。キャリッジ 202 のガイドシャフト 203 に沿った移動を「主走査」といい、この移動の方向を「主走査方向」という。記録媒体 208 は、支持体 209 上に設置されている。キャリッジ 202 に搭載されたヘッドカートリッジ 201 は、吐出口面がキャリッジ 202 から下方へ突出して記録媒体 208 の記録面と平行になるように保持されている。制御部 221 は、CPU や記憶手段等から構成されており、データに基づいて 3 次元画像を形成するよう画像形成装置 25 の各構成要素の動作を制御する。尚、本実施例では上述の通り、画像形成装置が UV 硬化型のインクジェットプリンタであると想定して説明しているが、画像形成装置は、無色透明な液体樹脂インクと、色インクとを吐出可能であれば、この例に限定されない。例えば、UV 硬化型インクの代わりにソリッドインクを用いても良い。また、インクジェット方式の画像形成装置ではなく電子写真方式の画像形成装置に対しても、本実施例を適用できる。

10

#### 【0015】

##### < 3 次元画像形成動作 >

以下、図 2 に示す構成のインクジェットプリンタが実行する 3 次元画像形成動作について説明する。まず、記録媒体 208 が所定の記録開始位置に搬送されると、キャリッジ 202 がガイドシャフト 203 に沿って記録媒体 208 上を主走査方向に移動する。この移動の際に、記録ヘッドの吐出口よりインクが吐出される。紫外光照射装置 210 は記録ヘッドの移動に合わせて紫外光を照射し、吐出されたインクを硬化させ、記録媒体上に固着させる。そして、キャリッジ 202 がガイドシャフト 203 に沿って主走査方向に移動しガイドシャフト 203 の一端に到達すると、キャリッジ 202 はガイドシャフト 211 に沿って主走査方向に垂直な方向に所定量だけ移動する。このキャリッジ 202 の移動を「副走査」といい、この移動の方向を「副走査方向」という。キャリッジ 202 が副走査方向に所定量移動すると、再度キャリッジ 202 はガイドシャフト 203 に沿って主走査方向に移動する。このように、記録ヘッドのキャリッジ 202 が主走査と、副走査とを繰り返すことにより記録媒体 208 上に凹凸層や色材層から成る 3 次元画像が形成される。

20

#### 【0016】

図 3 は、面積階調法により制御された画像の表現を説明する図である。本実施例では、説明を簡単にするため、画像形成装置の出力解像度で定義される画素毎にインクの吐出（オン）・非吐出（オフ）を制御するものとし、領域内の全画素をオンにした状態を濃度 100% の状態として扱うものとする。尚、こうした画素毎にインクのオン・オフを制御する所謂二値プリンタでは、単一の画素ではオン（濃度 100%）とオフ（濃度 0%）との何れかしか表現することができないため、複数の画素の集合で中間調を表現する。図 3 を用いて説明すると、図中左下に示すように 25% の濃度で中間調表現を行う代わりに、図中右下に示すように 16 画素あたり 4 画素にインクを吐出して面積的に 25（ $= 4 / 16$ ）% の表現を行うことで中間調表現を実現する。他の階調においても同様に表現することが可能である。尚、中間調を表現するための領域内の総画素数やオン画素の配置パターンは、図 3 に示す例に限定されない。一般的に、配置パターンの導出には、誤差拡散法が利用される。また本実施例では、二値でインク滴の吐出 / 非吐出を制御するが、多値でインク滴の量を制御し同一の吐出口から記録媒体における 1 画素内に複数のインク滴を着弾させて一つのドットを形成するマルチドロップレット法を用いても良い。

30

40

#### 【0017】

図 4 は、記録媒体 208 上をキャリッジ 202 が走査することで 3 次元画像を形成する動作を説明する図である。キャリッジ 202 による主走査でキャリッジ 202 の幅だけ画像が形成され、1 ラインの画像形成が終了する毎にキャリッジ 202 を副走査方向に距離しつつ移動する。説明を容易にするため、本実施例における画像形成装置が一回の主走査で吐出可能な最大のインク量を、100% のインク量と表現する。

#### 【0018】

形成する層が 100% を超えるインク量を必要とする場合には、同じ領域を複数回走査

50

(主走査)する必要がある。例えば、ある領域に500%のインク量による層を形成する場合は、同じラインを5回走査する。図4を用いて説明すると、領域Aおよび領域Bに対し500%のインク量による層を形成する場合、領域Aを5回走査した(図4(a))後、キャリッジ202を副走査方向にLだけ搬送し、領域Bを5回走査する(図4(b))。尚、走査回数を増やさずに、同じ位置に対してインクの吐出回数を増やすことで、インク量の制御を行っても良い。

#### 【0019】

##### <画像処理装置のハードウェア構成>

本実施例における画像処理装置24のハードウェア構成例を、図5に示す。制御部220は、CPU501と、ROM502と、RAM503と、汎用インタフェース(以下、I/Fともいう)504と、シリアルATA(以下、SATAともいう)I/F505と、ビデオカード(以下、VCともいう)506とを備える。制御部220を構成するこれらの構成要素は、システムバス507を介して互いに接続されており、システムバス507を介しての情報のやり取りが可能である。

#### 【0020】

CPU501は、RAM503をワークメモリとして、ROM502、ハードディスクドライブ(HDD)510、汎用ドライブ511にマウントされた各種記録メディアなどに格納されたオペレーティングシステム(OS)や各種プログラムを実行する。これにより、CPU501は、システムバス507を介して各構成要素を制御する。尚、CPU501が実行するプログラムには、後述する本実施例における処理を実行するためのプログラムが含まれる。汎用I/F504は、例えばUSBなどのシリアルバスインタフェースである。制御部220は、シリアルバス508を介して、マウスやキーボードなどの入力デバイス509と接続される。SATA I/F505には、HDD510や各種記録メディアの読み書きを行う汎用ドライブ511が接続される。CPU501は、HDD510や汎用ドライブ511にマウントされた各種記録メディアに対してデータの読み書きを実行する。VC506は、ビデオインタフェースであり、ディスプレイ512と接続される。CPU501は、プログラム実行により提供されるユーザインタフェース(以下、UIともいう)をディスプレイ512に表示する。そして、CPU501は、ユーザがこのUIを介して入力デバイス509を用いて入力した、ユーザ指示を含むユーザ入力を受け付ける。

#### 【0021】

##### <制御部220のソフトウェア構成>

図6は、本実施例における制御部220のソフトウェア構成例を示すブロック図である。図6に示すように、制御部220は、色情報取得部601と、凹凸情報取得部602と、凹凸情報分離部603と、データ生成部604とを備える。データ生成部604は、第1凹凸データ生成部605と、色材データ生成部606と、第2凹凸データ生成部607とを備える。色情報取得部601は、色情報を取得し、該取得した色情報を色材データ生成部606に送る。色情報とは、画素毎の色値から成るビットマップ形式のデータである。本実施例では、色情報は、CIELAB値からsRGB変換式によって計算されたRGB値を画素毎に有するものとする。凹凸情報取得部602は、出力したい3次元画像の凹凸(形状)を表す凹凸情報を取得し(形状情報取得)、該取得した凹凸情報を凹凸情報分離部603に送る。凹凸情報とは、高さの2次元分布を記述したデータである。出力したい3次元画像が油彩画である場合、キャンパス地を0としたときの高さ(厚みとも言う)である。本実施例では、凹凸情報は、各画素が画素値として基準面からの高さを保持するデータであり、各画素における高さを8ビットの画素値で表現したグレースケール画像とする。以下、このグレースケール画像を凹凸画像ともいう。

#### 【0022】

凹凸情報分離部603は、凹凸情報取得部602から凹凸情報を受け取り、該受け取った凹凸情報を、色材層の下に形成するための第1凹凸層情報と、色材層の上に形成するための第2凹凸層情報とに分離する。そして、凹凸情報分離部603は、第1凹凸層情報を

第1凹凸データ生成部605に送り、第2凹凸層情報を第2凹凸データ生成部607に送る。第1凹凸層情報および第2凹凸層情報も凹凸情報と同様に、各画素が画素値として基準面からの高さを保持するデータであり、各画素における高さを8ビットの画素値で表現したグレースケール画像である。尚、凹凸情報の分離手法ならびに第1凹凸層情報および第2凹凸層情報の詳細は、後述する。

#### 【0023】

第1凹凸データ生成部605は、凹凸情報分離部603から第1凹凸層情報を受け取り、該受け取った第1凹凸層情報を、画像形成装置25が出力可能な第1凹凸データに変換する。ここでは、画像形成装置25が1回の走査で形成可能な高さ（厚み）に応じて第1凹凸データを複数回の走査に対応するデータに分解する。色材データ生成部606は、色情報取得部601から色情報を受け取り、該受け取った色情報を、画像形成装置25が出力可能な色材データに変換する。ここでは、RGB値からなる画像データを画像形成装置25が出力する色材（例えばシアン、マゼンタ、ブラック、イエロー）のデータに変換する。また、各色に色変換した後、画像形成装置25が出力可能な階調数にハーフトーン処理するなど、各種処理を実行する。第2凹凸データ生成部607は、凹凸情報分離部603から第2凹凸層情報を受け取り、該受け取った第2凹凸層情報を、画像形成装置25が出力可能な第2凹凸データに変換する。画像形成装置25は、画像処理装置において生成された第1凹凸データ、色材データ、第2凹凸データを取得する。画像形成装置25は、それらの取得したデータに基づいて、記録媒体上に3次元画像を形成する。

#### 【0024】

##### <本実施例における処理>

以下、上記のインクジェットプリンタによって実行される本実施例における処理の概要について説明する。積層方式で色および凹凸を再現した場合、図1(c)に示すように斜面の傾斜角度が大きいと凹凸表面が全て被覆されず、色材層が薄くなる箇所103が現れてしまうことは前述した。一方、図1(b)に示すように斜面の傾斜角度が小さいと、凹凸表面が全て被覆され色材層が略同一の厚さになる。本実施例に係る画像処理装置は、この特性を考慮して3次元画像を形成するためのデータを生成する。

#### 【0025】

図7は、本実施例における処理の概念図である。図7(a)は、凹凸情報取得部602が取得する凹凸情報によって再現される凹凸形状の一例を示す断面図である。凹凸情報分離部603は、該凹凸情報を例えば、図7(b)に斜線で示す凹凸形状を再現するための第1凹凸層情報と、図7(c)に斜線で示す凹凸形状を再現するための第2凹凸層情報とに分離する。ここで、第1凹凸層情報によって再現される凹凸形状は、図7(b)に示すように、斜面の傾斜角度が小さいために上にインクが定着可能な形状である。一方、第2凹凸層情報によって再現される凹凸形状は、図7(c)に示すように、図7(a)に示す凹凸形状と、図7(b)に示す凹凸形状との差分の形状である。尚、本実施例では、第1凹凸層はUV硬化型の無色透明な液体樹脂であるクリアインクを用いて形成されることとし、第1凹凸データは、各画素の画素値が凹凸の高さに対応したクリアインク量であるビットマップデータとして説明する。ただし、第1凹凸層を形成するインクは、このインクに限定されない。例えばホワイトインク等の色インク量であっても良い。色材層データは、前述のシアン、マゼンタ、イエロー、ブラック、ホワイト等の色インク量である。第2凹凸層は、色材層の観察を妨げないため、UV硬化型の無色透明の液体樹脂であるクリアインクで形成されることが望ましい。

#### 【0026】

以上説明したように、本実施例では、色材が定着可能な傾斜角度を有する第1凹凸層を色材層の下に形成する。そして、その上層に色材層、第2凹凸層を形成することで3次元画像を形成し、記録媒体上に色および凹凸を再現する。尚、凹凸の再現性の観点から、80μm近傍で高さを制御する場合は、液滴サイズは50pL以下が望ましく、100μm近傍で高さを制御する場合は、液滴サイズは90pL以下が望ましい。従って、第1凹凸層および第2凹凸層から成る凹凸層が数百μm～数mm程度と厚くなると再現される対象

が不自然に見えることから、第1凹凸層、第2凹凸層ともに50p1以下の液滴サイズで形成されることが望ましい。

【0027】

以下、上記の画像処理装置24によって実行される本実施例における処理について、図8を用いて説明する。図6に示す各構成は、図8に示すフローチャートに対応するプログラムを、CPU501が読み出し、実行させることにより実現される。ステップS801において、色情報取得部601は、再現目標の色情報を取得する。本ステップで取得した色情報は、色材データ生成部606に送られる。ステップS802において、凹凸情報取得部602は、再現目標の凹凸情報（凹凸画像）を取得する。本ステップで取得した凹凸情報は、凹凸情報分離部603に送られる。尚、前述の通り、凹凸情報は、各画素が画素値として基準面からの高さを保持するデータであり、各画素における高さを8ビットの画素値で表現したグレースケール画像である。

10

【0028】

ステップS803において、凹凸情報分離部603は、凹凸画像の画素毎に傾斜角度を算出し、該算出した傾斜角度に基づいて、凹凸情報を第1凹凸層情報と、第2凹凸層情報とに分離する。分離後、第1凹凸層情報は第1凹凸データ生成部605に送られ、第2凹凸層情報は第2凹凸データ生成部607に送られる。尚、ステップS803の詳細は後述する。

【0029】

ステップS804において、第1凹凸データ生成部605は、第1凹凸層情報に基づいて、再現目標の凹凸の一部を構成するための第1凹凸データを生成する。尚、本実施例では、8ビットのグレースケールで表現された第1凹凸層情報の画素値を0-1（0%-100%）の範囲で正規化し、該正規化した画素値をインク量と対応付けする。例えば、第1凹凸層情報における画素値255がインク量100%に対応し、画素値128がインク量50%に対応することとなる。ここで、吐出したインク量に応じて、形成される層はある厚さ、すなわち高さを有する。従って、例えばインク量100%で形成された層が20μmの厚さを有する場合、100μmの高さを再現するためには、インク量100%で形成される層を5層重ねれば良い。すなわちこの場合、第1凹凸層が100μmの高さを有するのであれば、インク量100%で5回の主走査を実行することで、第1凹凸層は形成される。

20

30

【0030】

ステップS805において、色材データ生成部606は、色情報に基づいて色インクで形成される色材層を形成するためのインク量を画素値として持つ色材データを生成する。なお、色材データは記録媒体による色の変化の影響を抑制するために、下地を隠蔽するための特色インクのインク量を含めて生成する。本実施例では、色材データは、前述のシアン、マゼンタ、イエロー、ブラックのインク量に加え、下地を隠蔽するための特色インクとして、ホワイトインクのインク量を格納した、合計5チャンネルのデータとする。ステップS806において、第2凹凸データ生成部607は、第2凹凸層情報に基づいて、傾斜角度が第1凹凸層より大きい第2凹凸層を構成するための第2凹凸データを生成する。尚、第2凹凸データ生成では、第1凹凸層の形成と同様、高さインク量との対応関係に基づいて、第2凹凸層情報（グレースケール画像）における画素値からインク量を導出する。以上の処理を終えると、画像処理装置24は、第1凹凸データ、色材データ、第2凹凸データを画像形成装置25に出力する。

40

【0031】

以下、凹凸情報の分離処理（図8のステップS803）に関して、図9を用いて詳細に説明する。ステップS901において、凹凸情報分離部603は、画素位置を表す変数（ $x, y$ ）を、初期値である（0, 0）に設定する。ステップS902において、凹凸情報分離部603は、凹凸情報の座標（ $x, y$ ）における画素値 $h(x, y)$ を取得する。

【0032】

ステップS903において、凹凸情報分離部603は、第1凹凸層情報の座標（ $x - 1$

50

$x, y$ )における画素値 $h_1(x-1, y)$ を取得する。ただし $x=0$ の場合は対応する画素値が存在しないので、以下の式(1)により画素値 $h_1(x-1, y)$ を求める。

$$h_1(x-1, y) = h(0, y) \quad (x=0 \text{ の場合}) \cdots \text{式(1)}$$

ステップS904において、凹凸情報分離部603は、ステップS902で取得した $h(x, y)$ 、及び、ステップS903で取得した $h_1(x-1, y)$ に基づき、以下の式(2)を用いて傾斜角度 $\theta$ を算出する。尚、式(2)において、 $R$ は凹凸情報(グレースケール画像)の解像度(dpi)である。また、 $h_{\max}$ は凹凸情報において取り得る最大画素値(本実施例では凹凸情報は8ビットの画素値で表現したグレースケール画像であるので、最大画素値は255である)に対応した高さ(mm)である。

【0033】

【数1】

$$\theta = \tan^{-1} \left[ \frac{\{h(x, y) - h_1(x-1, y)\} \times h_{\max}}{255} \times \frac{25.4}{R} \right] \times \frac{180}{\pi} \cdots \text{式(2)}$$

【0034】

ステップS905において、凹凸情報分離部603は、ステップS904で算出した傾きの絶対値 $|\theta|$ が所定の閾値角度 $\theta_0$ 以下であるか否かを式(3)により判定する。凹凸情報分離部603が式(3)を満たすと判定した場合、処理はステップS906に進み、凹凸情報分離部603が式(3)を満たさないと判定した場合、処理はステップS907に進む。ここで $\theta_0$ は、第1凹凸層の斜面上に色インクが被覆可能であり、かつ、再現された対象において色が適正に見えるような角度である。 $\theta_0$ は特に、当該角度のうち最大の角度であることが望ましい。

$$|\theta| \leq \theta_0 \cdots \text{式(3)}$$

【0035】

本実施例では、様々な傾斜角度をもつ三角波形状パターンを出力し、この上に色インクを吐出して形成した3次元画像を観察することで、予め閾値角度 $\theta_0$ を決定する。このような観察の結果から、第1凹凸層の斜面における被覆状態を推定できるからである。ただし、 $\theta_0$ を決定する方法は前述の方法に限らない。例えば、傾斜角度が制御された形状であれば、第1凹凸層の形状は三角波形状でなくても構わない。また、ユーザが $\theta_0$ を直接指定しても良い。

【0036】

本実施例では、15°から75°までの範囲において、傾斜角度を5°ずつ変化させた13種類の三角波形状パターンについて、上に色インクを吐出して形成した3次元画像を観察することにより、閾値角度 $\theta_0$ を決定した。具体的には、前述の13種類のパターンを無色透明な液体樹脂インクで形成し、該形成した13種類のパターンの各々に対し、色インクで形成される色材層による被覆を行った。そして、さらにその上層に、無色透明な液体樹脂インクで層を形成し、3層構造を有する3次元画像の最大高さが100 $\mu\text{m}$ 又は500 $\mu\text{m}$ となるようにした。このようにして形成された3次元画像に対し、目視による観察を行った。図10はこの観察の結果を示す図である。図10に示すように、最大高さが100 $\mu\text{m}$ 、500 $\mu\text{m}$ どちらの場合であっても、傾斜角度が65°以上の場合、色ムラが気になるという結果になった。これは、傾斜角度が65°以上の場合、三角波形状パターンの上層の色材層の厚さが均一でなくなるため、色インクの濃度ムラが発生するからである。一方、傾斜角度が小さい場合においては、三角波形状パターンは色材層(色インク)により被覆されるが、無色透明な液体樹脂インクで形成される最上層の厚さが厚くなることに起因して、色が濁って見える現象が確認された。この現象は、最大高さが500 $\mu\text{m}$ の場合に特に顕著であり、傾斜角度が25°以下の場合に色ムラが気になるという結果になった。以上の結果から、好ましくは、 $\theta_0$ は30°以上60°以下の範囲内の一値であり、より好ましくは、 $\theta_0$ は40°以上50°以下の範囲内の一値である。本実施例では、 $\theta_0 = 45^\circ$ とした。

【0037】

10

20

30

40

50

ステップS906において、凹凸情報分離部603は、式(4)に示すように、第1凹凸層情報の座標 $(x, y)$ における画素値 $h_1(x, y)$ を、凹凸情報の画素値 $h(x, y)$ とする。前段のステップS905にて、 $\theta$ の絶対値が $\theta_0$ 以下、即ち、凹凸情報に基づき再現される凹凸に対して色インクによる被覆を行った場合に、色を適切に再現可能と判定されている。従って、本ステップでは、凹凸情報の画素値 $h(x, y)$ をそのまま第1凹凸層情報の画素値 $h_1(x, y)$ として用いている。

$$h_1(x, y) = h(x, y) \cdots \text{式(4)}$$

【0038】

ステップS907において、凹凸情報分離部603は、第1凹凸層情報の座標 $(x, y)$ における画素値 $h_1(x, y)$ を式(5)または式(6)により算出する。前段のステップS905にて、 $\theta$ の絶対値が $\theta_0$ より大きい、即ち、凹凸情報に基づき再現される凹凸に対して色インクによる被覆を行った場合に、色を適切に再現することが困難と判定されている。従って、本ステップでは、被覆可能な角度 $\theta_0$ の傾斜となるように、第1凹凸層情報の画素値 $h_1$ を生成している。

【0039】

【数2】

$$h_1(x, y) = h_1(x-1, y) + \frac{25.4 \tan \theta_0}{R} \times \frac{255}{h_{\max}} \quad (\theta > 0 \text{ の場合}) \cdots \text{式(5)}$$

【0040】

【数3】

$$h_1(x, y) = h_1(x-1, y) + \frac{25.4 \tan(-\theta_0)}{R} \times \frac{255}{h_{\max}} \quad (\theta \leq 0 \text{ の場合}) \cdots \text{式(6)}$$

【0041】

ステップS908において、凹凸情報分離部603は、式(7)に示すように、凹凸情報の画素値 $h(x, y)$ と、第1凹凸層情報の画素値 $h_1(x, y)$ との差分を取ること

$$h_2(x, y) = h(x, y) - h_1(x, y) \cdots \text{式(7)}$$

【0042】

ステップS909において、凹凸情報分離部603は、全ての画素に対して画素値 $h_1$ 、 $h_2$ を求める処理が完了したか否かを判定する。全ての画素に対して画素値 $h_1$ 、 $h_2$ を求める処理が完了したと凹凸情報分離部603が判定した場合、S803における処理は終了する。一方、全ての画素に対して画素値 $h_1$ 、 $h_2$ を求める処理が完了していないと凹凸情報分離部603が判定した場合、処理はステップS910に進む。ステップS910において、凹凸情報分離部603は、未処理の画素に対する画素値 $h_1$ 、 $h_2$ を求めるために、画素位置を表す変数 $(x, y)$ を更新する。次いで、処理はステップS902へ戻る。以上、ステップS803における凹凸情報の分離処理について詳細に説明した。上記の処理を行うことにより、凹凸情報を、略均一な厚さの色材層を上層に形成可能な第1凹凸層を形成するための第1凹凸層情報と、略均一な厚さの色材層を上層に形成することが困難な第2凹凸層を形成するための第2凹凸層情報とに分離することができる。

【0043】

本実施例によれば、凹凸情報を、色材層の下に形成するための第1凹凸層情報と、色材層の上に形成するための第2凹凸層情報とに分離する。そして、色材層の下に形成するための第1凹凸データ、色情報に基づく色材データ、色材層の上に形成するための第2凹凸データを生成する。これにより、再現された対象の表面に急峻な斜面がある場合でも、色再現精度が低下するのを防止することが可能となる。またこのとき、第2凹凸層の形状は、再現目標の凹凸の形状と、第1凹凸層の形状との差分の形状であり、色材層の上層に積層される第2凹凸層の厚さは、第1凹凸層の厚さより薄い。従って、表面の第2凹凸層で

起きる光の屈折に起因する、色材層で反射する光の位置の位置ずれ量が少なくなるので、凹凸および色を良好に再現することが可能となる。

【 0 0 4 4 】

尚、ステップ S 9 0 5 にて の絶対値が  $\theta_0$  以下と判定された画素位置においては、凹凸情報に基づいて再現される凹凸は、第 1 凹凸層情報に基づいて形成される第 1 凹凸層のみで再現可能である。従って、画像形成装置 2 5 が形成する 3 次元画像は、傾斜角度の絶対値が閾値角度以下の領域においては ( $|\theta| \leq \theta_0$ )、第 1 凹凸層と、色材層との 2 層で形成される。一方、傾斜角度の絶対値が閾値角度よりも大きい領域においては ( $|\theta| > \theta_0$ )、3 次元画像は、第 1 凹凸層と、色材層と、第 2 凹凸層との 3 層で形成される。

【 0 0 4 5 】

また、本実施例では、色情報と、第 2 凹凸層情報とを独立に扱っていた。しかしながら、第 2 凹凸層情報に基づいて制御される第 2 凹凸層の厚さによって、色の見え方が変化する可能性がある。従って、第 2 凹凸層の厚さに応じて色情報を調整しても良い。この場合、第 2 凹凸層を形成するために必要となる無色透明な液体樹脂インクの打込み量と、色インクとの関係に基づいて色変換を行えば良い。

【 0 0 4 6 】

さらに、本実施例では、凹凸情報を、第 1 凹凸層情報および第 2 凹凸層情報という 2 つ凹凸層情報に分離する場合について説明したが、凹凸情報を 3 つ以上の凹凸層情報に分離しても良い。凹凸情報が 3 つ以上の凹凸層情報に分離された場合も、最下層および最上層が凹凸層であり、その層間に色材層が形成されていれば、本実施例を適用できる。

【 0 0 4 7 】

[ 実施例 2 ]

実施例 1 では、斜面の傾斜角度 を画素毎に算出して、凹凸情報を、第 1 凹凸層情報と、第 2 凹凸層情報とに分離した。しかし、凹凸情報を分離する方法は、傾斜角度を用いるものに限定されない。例えば、凹凸情報を周波数分解すると、低周波成分はなだらかな形状を多く含み、高周波成分は急峻な形状を多く含む傾向がある。従って、周波数成分に応じて凹凸情報を分離しても実施例 1 と同様の効果を得ることができる。以下、凹凸情報を、低周波成分と、高周波成分とに分ける場合について説明する。ただし以下の説明において、実施例 1 と共通する内容については、説明を簡易化又は省略する。

【 0 0 4 8 】

以下、実施例 2 における凹凸情報の分離処理 ( 図 8 のステップ S 8 0 3 ) に関して、図 1 1 を用いて詳細に説明する。ステップ S 1 1 0 1 において、凹凸情報分離部 6 0 3 は、ローパスフィルタとして、ガウシアンフィルタ  $F(a, b)$  を以下の式 ( 8 ) により算出する。

【 0 0 4 9 】

【 数 4 】

$$F(a, b) = \exp \left\{ -\frac{a^2 + b^2}{2 \left( \frac{S}{2} \right)^2} \right\} \cdots \text{式 (8)}$$

【 0 0 5 0 】

式 ( 8 ) におけるガウシアンフィルタの分散  $S$  は、凹凸情報 ( グレースケール画像 ) の解像度  $R$  を用いて、以下の式 ( 9 ) により算出される。

$$S = 0.1 \times R / 25.4 + 0.5 \text{ (小数点以下切り捨て)} \cdots \text{式 (9)}$$

尚、本実施例では、0.1 mm 以上の凹凸空間周期を低周波と考え、これに対応する凹凸空間周波数以下の周波数成分を抽出するためのフィルタを作成しているが、周波数成分はこの例に限定されない。例えば、ユーザが周波数成分を指定しても良い。

【 0 0 5 1 】

ステップ S 1 1 0 2 において、凹凸情報分離部 6 0 3 は、以下の式 ( 1 0 ) に従って、凹凸情報と、ステップ S 1 1 0 1 で作成したローパスフィルタとの畳み込み演算を行う ( フィルタ処理 ) 。

【 0 0 5 2 】

【 数 5 】

$$h'(i, j) = \sum_{a=-S}^S \sum_{b=-S}^S h(i-a, j-b) F(a, b) \quad i=0, \dots, M-1, j=0, \dots, N-1 \cdots \text{式 (10)}$$

【 0 0 5 3 】

尚、式 ( 1 0 ) において、Mは凹凸情報 ( グレースケール画像 ) の水平方向の画素数、Nは凹凸情報 ( グレースケール画像 ) の垂直方向の画素数である。ステップ S 1 1 0 3 において、凹凸情報分離部 6 0 3 は、第 1 凹凸層情報を、ステップ 1 1 0 2 で求めた畳み込み演算結果 h' に設定する。

10

【 0 0 5 4 】

ステップ S 1 1 0 4 において、凹凸情報分離部 6 0 3 は、凹凸情報の画素値 h ( x , y ) と、ステップ S 1 1 0 3 で求めた第 1 凹凸層情報の画素値 h<sub>1</sub> ( x , y ) との差分を算出して第 2 凹凸層情報の画素値 h<sub>2</sub> ( x , y ) を画素毎に求める。これにより、凹凸情報分離部 6 0 3 は、第 2 凹凸層情報を作成する。本実施例により、再現された対象の表面に急峻な斜面がある場合でも、色再現精度が低下するのを防止することが可能となる。また、本実施例では、斜面の傾斜角度を用いることなく、凹凸情報を、第 1 凹凸層情報と、第 2 凹凸層情報とに分離する。従って、実施例 1 で述べたような閾値角度 θ<sub>0</sub> を決定するためのプロセス ( 観察など ) を予め実行する必要がない。

20

【 0 0 5 5 】

[ 実施例 3 ]

実施例 1、2 では、凹凸情報を、第 1 凹凸層情報と、第 2 凹凸層情報とに分離し、無色透明の液体樹脂インクを用いて第 1 凹凸層および第 2 凹凸層を形成するためのデータを生成した。またこのとき、第 1 凹凸層と、第 2 凹凸層との間に色インクによる色材層を形成することで、凹凸および色を再現した。

【 0 0 5 6 】

一方で、無色透明の液体樹脂インクではなく色インクを用いて凹凸層を形成することで、急峻な傾斜角度の凹凸を再現しつつ色も再現することが可能である。しかし、色インクで凹凸を再現した場合、色材層を複数層重ねることで濃度が変化することに起因し、所望の色が再現できない場合がある。例えば、単一色で厚みが異なる物体を再現する場合、色インクだけで凹凸を再現しようとする、色材層の厚みが薄い部分と、色材層の厚みが厚い部分とで、色の見え方が異なる場合がある。

30

【 0 0 5 7 】

上記の内容を考慮し、本実施例では、実施例 1、2 と同様に無色透明の液体樹脂インクおよび色インクで凹凸および色を再現する手法と、色インクだけで凹凸および色を再現する手法とを併用する。以下、本実施例について詳細に説明する。ただし、以下の説明において、実施例 1、2 と共通する内容については、説明を簡易化又は省略する。

40

【 0 0 5 8 】

図 1 2 は、本実施例における制御部 2 2 0 のソフトウェア構成例を示すブロック図である。図 1 2 に示すように、制御部 2 2 0 は、色情報取得部 1 2 0 1 と、凹凸情報取得部 1 2 0 2 と、ルックアップテーブル ( 以下、LUTともいう ) 保持部 1 2 0 3 と、層情報作成部 1 2 0 4 と、データ生成部 1 2 0 5 とを備える。データ生成部 1 2 0 5 は、第 1 凹凸データ生成部 1 2 0 6 と、色材データ生成部 1 2 0 7 と、第 2 凹凸データ生成部 1 2 0 8 とを備える。

【 0 0 5 9 】

色情報取得部 1 2 0 1 および凹凸情報取得部 1 2 0 2 は、実施例 1 の色情報取得部 6 0 1 および凹凸情報取得部 6 0 2 と同様であるため、説明を省略する。LUT保持部 1 2 0

50

3は、LUTを保持する。LUT保持部1203が保持するLUTの詳細は後述する。層情報作成部1204は、色情報取得部1201から色情報を受け取るとともに、凹凸情報取得部1202から凹凸情報を受け取る。そして、層情報作成部1204は、該受け取った色情報および凹凸情報に基づき、LUT保持部1203に保持されたLUTを用いて、色材層情報と、第1凹凸層情報と、第2凹凸層情報とを作成する。そして、層情報作成部1204は、第1凹凸層情報を第1凹凸データ生成部1206に送り、色材層情報を色材データ生成部1207に送り、第2凹凸層情報を第2凹凸データ生成部1208に送る。色材層情報とは、色材層を形成するために用いられるデータであり、画素毎の、色値と、色インクによる層を何層重ねるかを示す重ね回数とから成るデータである。第1凹凸層情報および第2凹凸層情報は、実施例1と同様である。

10

#### 【0060】

第1凹凸データ生成部1206は、層情報作成部1204から第1凹凸層情報を受け取り、該受け取った第1凹凸層情報に基づいて第1凹凸データを生成する。色材データ生成部1207は、層情報作成部1204から色材層情報を受け取り、該受け取った色材層情報に基づいて色材データを生成する。第2凹凸データ生成部1208は、層情報作成部1204から第2凹凸層情報を受け取り、該受け取った第2凹凸層情報に基づいて第2凹凸データを生成する。

#### 【0061】

以下、本実施例における画像処理装置24によって実行される処理について、図13を用いて説明する。ステップS1301、ステップS1302は、実施例1におけるステップS801、ステップS802と同様であるため説明を省略する。

20

#### 【0062】

ステップS1303において、層情報作成部1204は、ステップS1301で取得した色情報およびステップS1302で取得した凹凸情報に基づき、LUT保持部1203で保持されているLUTを用いて、層情報を作成する。ここでいう層情報は、色インクで形成される色材層を形成するために用いられる色材層情報と、無色透明の液体樹脂インクで形成される第1凹凸層および第2凹凸層を形成するために用いられる第1凹凸層情報および第2凹凸層情報とを含む。尚、ステップS1303の詳細は後述する。

#### 【0063】

ステップS1304において、第1凹凸データ生成部1206は、ステップS1303で作成された第1凹凸層情報に基づき、再現目標の凹凸の一部を構成するための第1凹凸データを生成する。ステップS1305において、色材データ生成部1207は、ステップS1303で作成された色材層情報に基づき、色材データを生成する。前述の通り本実施例では、再現目標の色は色材層によって再現されるが、場合によっては再現目標の凹凸も、色材層によって再現される。ステップS1306において、第2凹凸データ生成部1208は、ステップS1303で作成された第2凹凸層情報に基づき、再現目標の凹凸の一部を構成するための第2凹凸データを生成する。

30

#### 【0064】

以下、層情報の作成処理（図13のステップS1303）に関して、図14を用いて説明する。ステップS1401において、層情報作成部1204は、画素位置を表す変数（ $x, y$ ）を、初期値である（0, 0）に設定する。ステップS1402において、層情報作成部1204は、凹凸情報の座標（ $x, y$ ）における画素値 $h(x, y)$ を取得する。ステップS1403において、層情報作成部1204は、色情報の座標（ $x, y$ ）における画素値RGB（ $x, y$ ）を取得する。

40

#### 【0065】

ステップS1404において、層情報作成部1204は、LUT保持部1203からLUTを取得する。ここで、LUT保持部1203に保持されているLUTの一例を図15に示す。図15に示すように、LUTには、等間隔のRGB各9階調の色の組み合わせが保持されている。 $h_{RGB}$ は、各RGB値の色インクにより形成された1層の色材層の高さ（mm）を表す。また、このLUTには、各RGB値の色インクで1層～複数層の色材層

50

を形成して測定した C I E L a b 値も保持されている。尚、本実施例では、R G B 値の階調数をそれぞれ 9 としているが、階調数はこの例に限定されない。また、各 R G B 値の色インクにより形成された色材層の高さとして 1 層の色材層の高さ  $h_{RGB}$  を用いているが、各 R G B 値の色インクにより形成された色材層の高さとして複数層（例えば 2 層）の色材層の高さを用いても良い。

【 0 0 6 6 】

ステップ S 1 4 0 5 において、層情報作成部 1 2 0 4 は、ステップ S 1 4 0 2 で取得した  $h(x, y)$  が示す高さを、ステップ S 1 4 0 3 で取得した R G B ( x , y ) に対応する色インクで再現する場合に必要な色インクの重ね回数  $k$  を式 ( 1 1 ) により算出する。

10

【 0 0 6 7 】

【数 6】

$$k = \frac{\frac{h(x, y)}{255} \times h_{\max}}{h_{RGB}} \quad (\text{小数点以下切り捨て}) \cdots \text{式 (11)}$$

【 0 0 6 8 】

ただし、 $h_{\max}$  は実施例 1 と同様、凹凸情報において取り得る最大画素値に対応する高さ ( mm ) である。

20

【 0 0 6 9 】

ステップ S 1 4 0 6 において、層情報作成部 1 2 0 4 は、ステップ S 1 4 0 3 で取得した R G B ( x , y ) に対応するインクについて、1 層重ねた場合の L a b 値および  $k$  層重ねた場合の L a b 値を、ステップ S 1 4 0 4 で取得した L U T を参照して取得する。そして、層情報作成部 1 2 0 4 は、該取得した L a b 値に基づき式 ( 1 2 ) を用いて色差  $E$  を算出する。

【 0 0 7 0 】

【数 7】

$$\Delta E = \sqrt{(L_1^* - L_k^*)^2 + (a_1^* - a_k^*)^2 + (b_1^* - b_k^*)^2} \cdots \text{式 (12)}$$

30

【 0 0 7 1 】

ステップ S 1 4 0 7 において、層情報作成部 1 2 0 4 は、ステップ S 1 4 0 6 で算出した色差  $E$  が所定の閾値 以下であるか否かを式 ( 1 3 ) により判定する。本実施例では、 $E$  は 3 . 2 とする。層情報作成部 1 2 0 4 が式 ( 1 3 ) を満たすと判定した場合、色インクを複数層重ねたとしても色に変化が生じないため、色インクだけで再現目標の凹凸を再現可能と判定されている。このとき、処理はステップ S 1 4 0 8 に進む。一方、層情報作成部 1 2 0 4 が式 ( 1 3 ) を満たさないと判定した場合、色インクを複数層重ねると色に変化すると判定されている。このとき、処理はステップ S 1 4 1 1 に進む。ステップ S 1 4 1 1 以降の処理は、実施例 1 と同様の、再現目標の凹凸を再現するために、凹凸情報に基づき、色材層の下に形成するための第 1 凹凸層情報と、色材層の上に形成するための第 2 凹凸層情報とを生成する処理である。尚、本実施例では、 $E$  は 3 . 2 としたが、他の値を用いても良い。

40

$E$   $\cdots$  式 ( 1 3 )

【 0 0 7 2 】

ステップ S 1 4 0 8 において、層情報作成部 1 2 0 4 は、第 1 凹凸層情報の座標 ( x , y ) における画素値  $h_1(x, y)$  を、0 に設定する。ステップ S 1 4 0 9 において、層情報作成部 1 2 0 4 は、色材層情報の座標 ( x , y ) における画素値を、( R ( x , y ) , G ( x , y ) , B ( x , y ) , k ) に設定する。ステップ S 1 4 1 0 において、層情報

50

作成部 1204 は、第 2 凹凸層情報の座標  $(x, y)$  における画素値  $h_2(x, y)$  を、0 に設定する。ステップ S1411 からステップ S1419 の処理は、実施例 1 と略同様である。

#### 【0073】

ステップ S1411 において、層情報作成部 1204 は、第 1 凹凸層情報の座標  $(x-1, y)$  における画素値  $h_1(x-1, y)$  を取得する。ただし  $x=0$  の場合は、式 (1) により画素値  $h_1(x-1, y)$  を求める。ステップ S1412 において、層情報作成部 1204 は、ステップ S1402 で取得した  $h(x, y)$ 、及び、ステップ S1411 で取得した  $h_1(x-1, y)$  に基づき、式 (2) により傾斜角度  $\theta$  を算出する。ステップ S1413 において、層情報作成部 1204 は、ステップ S1412 で算出した傾きの絶対値  $|\theta|$  が所定の閾値角度  $\theta_0$  以下であるか否かを式 (3) により判定する。ステップ S1414 において、層情報作成部 1204 は、第 1 凹凸層情報の座標  $(x, y)$  における画素値  $h_1(x, y)$  を、ステップ S1402 で取得した凹凸情報の画素値  $h(x, y)$  に設定する。

#### 【0074】

ステップ S1415 において、層情報作成部 1204 は、第 1 凹凸層情報の座標  $(x, y)$  における画素値  $h_1(x, y)$  を式 (5) または式 (6) により算出する。ステップ S1416 において、層情報作成部 1204 は、色材層情報の座標  $(x, y)$  における画素値を、 $(R(x, y), G(x, y), B(x, y), 1)$  に設定する。ステップ S1417 において、層情報作成部 1204 は、凹凸情報の画素値  $h(x, y)$  と、第 1 凹凸層情報の画素値  $h_1(x, y)$  との差分を取ることで、第 2 凹凸層情報の座標  $(x, y)$  における画素値  $h_2(x, y)$  を求める。ステップ S1418 において、層情報作成部 1204 は、全ての画素に対して画素値  $h_1, h_2$  を求める処理が完了したか否かを判定する。ステップ S1419 において、層情報作成部 1204 は、未処理の画素に対する画素値  $h_1, h_2$  を求めるために、画素位置を表す変数  $(x, y)$  を更新する。

本実施例により、再現対象の表面に急峻な斜面がある場合でも、色再現精度が低下することを防止することが可能となる。また、本実施例では、凹凸の一部を色インクで再現するため、無色透明の液体樹脂インクの消費量をその分低減できる。

#### 【0075】

##### [実施例 4]

実施例 1、2 では、凹凸情報を、第 1 凹凸層情報と、第 2 凹凸層情報とに分離し、第 1 凹凸層と、第 2 凹凸層との間に色インクによる色材層を形成することで、凹凸および色を再現した。しかし、形成される 3 次元画像の最表層が必ずしも第 2 凹凸層である必要はない。例えば、光沢を制御するための光沢制御層が第 2 凹凸層上に形成されても良い。本実施例では、第 2 凹凸層上にさらに光沢制御層を形成する場合について説明する。ただし以下の説明において、実施例 1 から 3 と共通する内容については、説明を簡易化又は省略する。

#### 【0076】

図 16 は、本実施例における制御部 220 のソフトウェア構成例を示すブロック図である。図 16 に示すように、制御部 220 は、色情報取得部 1601 と、凹凸情報取得部 1602 と、光沢情報取得部 1603 と、凹凸情報分離部 1604 と、テーブル保持部 1605 と、データ生成部 1606 とを備える。データ生成部 1606 は、第 1 凹凸データ生成部 1607 と、色材データ生成部 1608 と、第 2 凹凸データ生成部 1609 と、光沢データ生成部 1610 とを備える。

#### 【0077】

色情報取得部 1601 および凹凸情報取得部 1602 は、実施例 1 の色情報取得部 601 および凹凸情報取得部 602 と同様であるため、説明を省略する。光沢情報取得部 1603 は、出力したい 3 次元画像の光沢の分布を表す光沢情報を取得し、該取得した光沢情報を光沢データ生成部 1610 に送る。光沢情報とは、JIS Z 8741 の方法で得られる鏡面光沢度を 8 ビットの画素値で表現したグレースケール画像とする。凹凸情報分離部

1604は凹凸情報取得部から凹凸情報を受け取り、該受け取った凹凸情報を第1凹凸層情報と第2凹凸層情報とに分離する。そして、凹凸情報分離部1604は第1凹凸層情報を第1凹凸データ生成部1607に送り、第2凹凸層情報を第2凹凸データ生成部1609と、光沢データ生成部1610とに送る。テーブル保持部1605は、光沢情報を光沢データへと変換するためのLUTが保持されている。テーブル保持部1605が保持するテーブルの詳細は後述する。第1凹凸データ生成部、色材データ生成部、第2凹凸データ生成部は、実施例1、2と同様である。光沢データ生成部1610は、光沢情報取得部1603から光沢情報を受け取るとともに、凹凸情報分離部1604から第2凹凸層情報を受け取る。そして、光沢データ生成部1610は、該受け取った光沢情報及び第2凹凸層情報に基づき、テーブル保持部1605に保持されたLUTを用いて、光沢層を記録媒体上に形成するための光沢データを生成する。

10

#### 【0078】

以下、本実施例における画像処理装置によって実行される処理について図17を用いて説明する。ステップS1701、ステップS1702は、実施例1におけるステップS801、ステップS802と同様であるため説明を省略する。ステップS1703において、光沢情報取得部1603は、再現目標の3次元画像の光沢の分布を表す光沢情報を取得する。ステップS1704～ステップS1707は実施例1におけるステップS803～ステップS806と同様であるため説明を省略する。ステップS1708において、光沢データ生成部1610は、第2凹凸層情報、及び、テーブル保持部1605が保持するLUTを用いて、光沢情報から光沢データを生成する。具体的には、光沢度をクリアインク量へと変換することで、第2凹凸層上に光沢層を形成するための光沢データを生成する。尚、ステップS1708の詳細は後述する。

20

#### 【0079】

以下、光沢データ生成処理（図17のステップS1708）の詳細について、図18を用いて詳細に説明する。ステップS1801において、光沢データ生成部1610は、第2凹凸層情報（ $h_2$ とする）を特徴付ける代表的な周波数を算出する。該代表的な周波数を算出するために、まず、第2凹凸層情報 $h_2$ を、式(14)に示すように公知のフーリエ変換を用いて周波数成分に分解する。ただし、周波数成分分解に用いる手法は、フーリエ変換に限定されるものではない。例えば、ウェーブレット変換を用いてもよい。

$$A(u, v) = FFT(H(x, y)) \cdots \text{式(14)}$$

30

#### 【0080】

次に、周波数分解された画像 $A(u, v)$ を用いて、第2凹凸層情報を特徴付ける代表的な周波数（ $f_{\max}$ とする）を、式(15)により算出する。なお、式(15)において

#### 【0081】

#### 【数8】

$$\arg \max_x (g(x))$$

#### 【0082】

とは、関数 $g(x)$ を最大化する変数 $x$ を求める関数である。なお、本実施例では式(15)に示すように、周波数空間における最大振幅値を、第2凹凸層情報を特徴付ける代表周波数としたが、凹凸情報を特徴付ける周波数はこれに限らない。例えば、平均周波数や周波数の中央値など他の統計値であってもよい。

40

#### 【0083】

#### 【数9】

$$f_{\max} = \arg \max_f (A(f)) \quad \text{ただし、} f = \sqrt{u^2 + v^2} \cdots \text{式(15)}$$

#### 【0084】

ステップS1802において、光沢データ生成部1610は、ステップS1801で算出した第2凹凸層情報の代表周波数に対応した光沢の補正係数を、テーブル保持部160

50

5に保持されている補正テーブルから取得する。ここで、テーブル保持部1605に保持されている補正テーブルの一例を図19(a)に示す。図19(a)に示すように、補正テーブルにおいて、凹凸の周波数 $f$ と、光沢を補正するための補正係数とが対応付けられている。一般に、凹凸の周波数が高周波になるにつれて、鏡面光沢度は低下する。従って、補正係数は、図19(a)に示すように、凹凸の周波数が高くなるほど値が小さくなる。なお、周波数 $f_{\max}$ に該当する値がテーブルに存在しない場合は、公知の線形補間によって補正係数を算出する。

#### 【0085】

ステップS1803において、光沢データ生成部1610は、ステップS1802で取得した補正係数を用いて式(16)により光沢度を補正し、補正された光沢度( $G_{out}$ とする)を算出する。なお、式(16)において、 $G_{in}$ はステップS1703で取得した光沢度、 $k$ はステップS1802で取得した補正係数である。

$$G_{out} = G_{in} \times k \quad \cdots \text{式(16)}$$

#### 【0086】

ステップS1804において、光沢データ生成部1610は、テーブル保持部1605に保持されているテーブルを用いて、ステップS1803で取得した光沢度 $G_{out}$ を光沢制御用インク(クリアインク)の量に変換し、処理を終了する。なお、本実施例では、当該インク量に基づくドットパターン及びパス数など所定条件下にてクリアインク量を画像最表面に塗布し、表面粗さを変えることで鏡面光沢度を制御する。図19(b)に、光沢度をクリアインク量に変換するための変換テーブルの一例を示す。図19(b)に示すように、光沢度とクリアインク量(%)とが対応付けられている。なお、光沢度 $G_{out}$ に該当する値がテーブルに存在しない場合は、公知の線形補間によってクリアインク量を取得する。

#### 【0087】

本実施例により、第2凹凸層の上層に光沢層を設けることにより、光沢を制御することが可能となる。その際、第2凹凸層の形状によって変化する光沢を考慮して、光沢度を光沢制御用のインク量へと変換するため、より適切に光沢を制御することが可能である。

#### 【0088】

##### [ その他の実施例 ]

本発明は、以下の処理を実行することによっても実現される。即ち、上述した実施形態の機能を実現するソフトウェア(プログラム)を、ネットワーク又は各種記憶媒体を介してシステム或いは装置に供給し、そのシステム或いは装置のコンピュータ(またはCPUやMPU等)がプログラムを読み出して実行する処理である。

#### 【0089】

また、前述の実施例では、ソフトウェア処理により制御部220を実現する例を記載したが、制御部220の各構成は、専用の画像処理回路などにより実現することもできる。また、画像処理装置24が画像形成装置25の外部装置である場合を説明したが、画像処理装置24は、画像形成装置25に内蔵される形態であってもよい。例えば、図6に示す各構成を回路によって実現し、画像処理装置24を画像形成装置25に内蔵する画像処理回路として実現することもできる。

#### 【符号の説明】

#### 【0090】

凹凸情報取得部・・・602

凹凸情報分離部・・・603

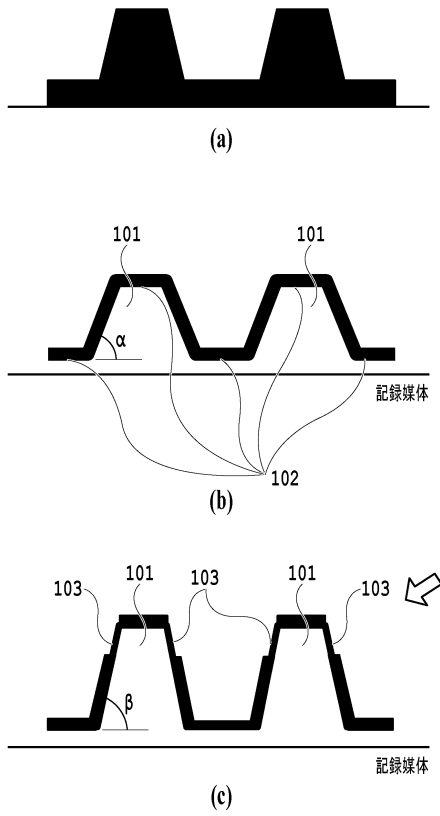
10

20

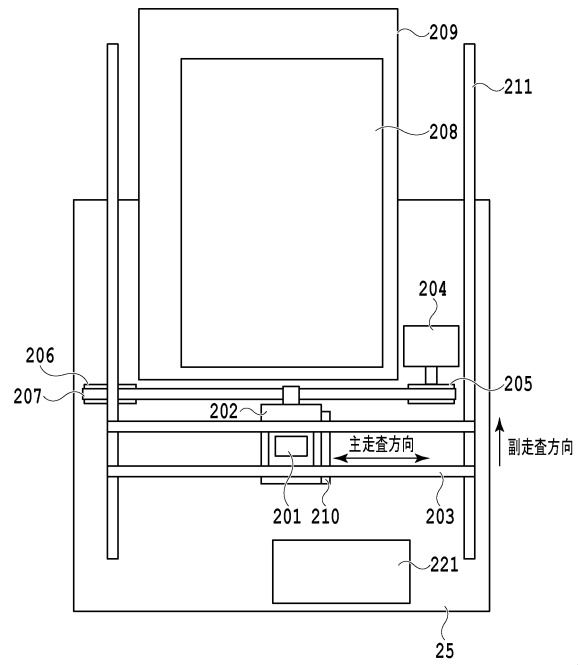
30

40

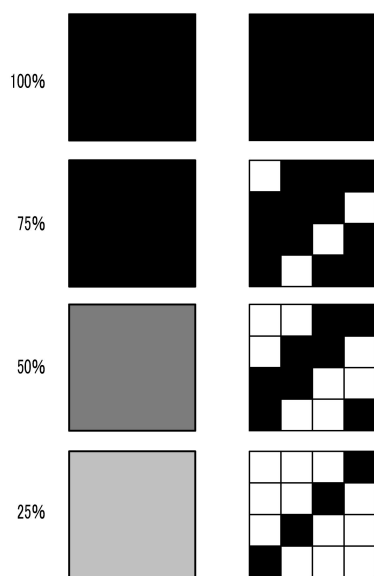
【図 1】



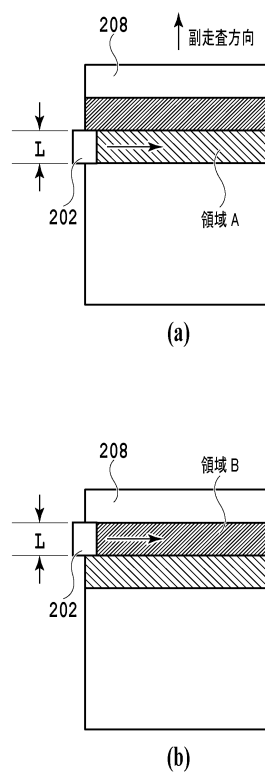
【図 2】



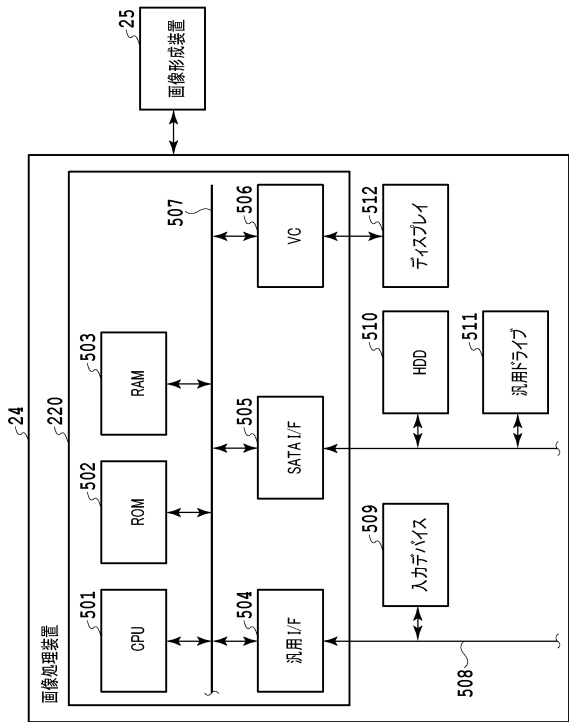
【図 3】



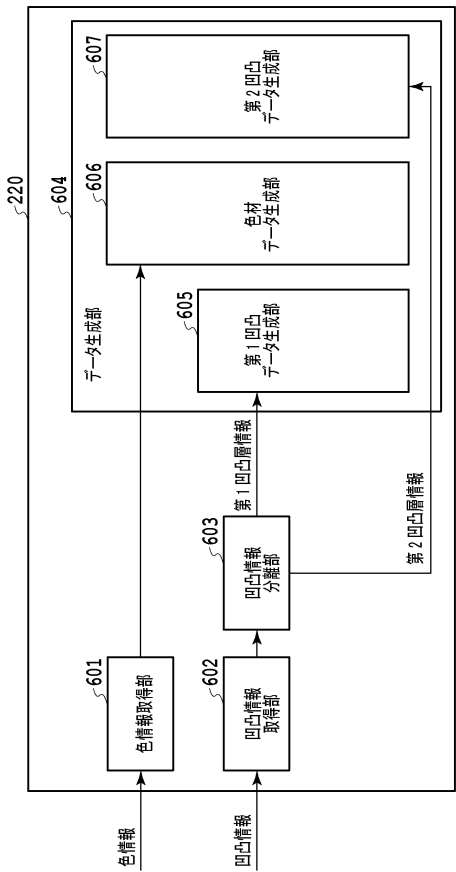
【図 4】



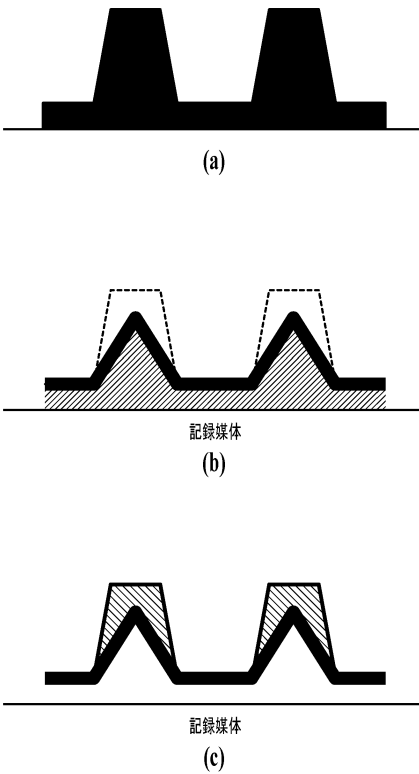
【図5】



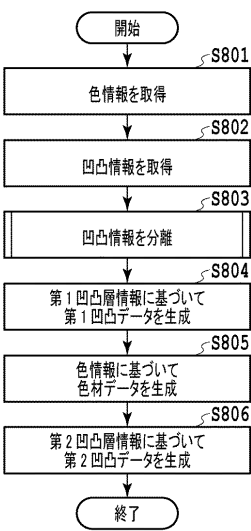
【図6】



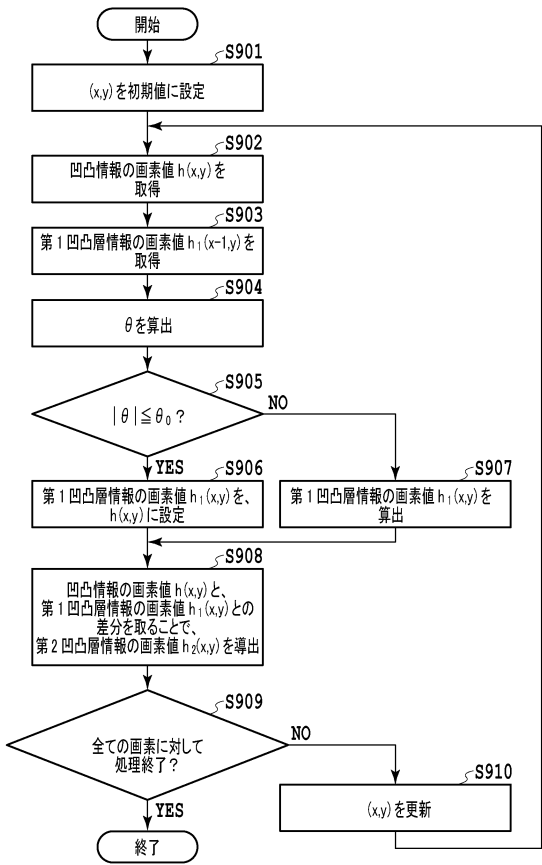
【図7】



【図8】



【図 9】

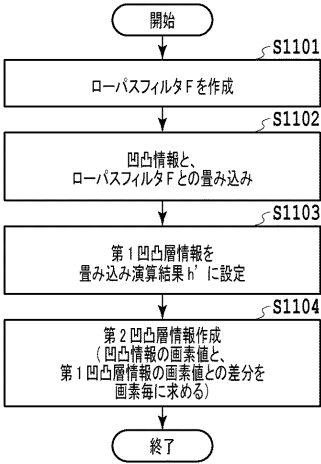


【図 10】

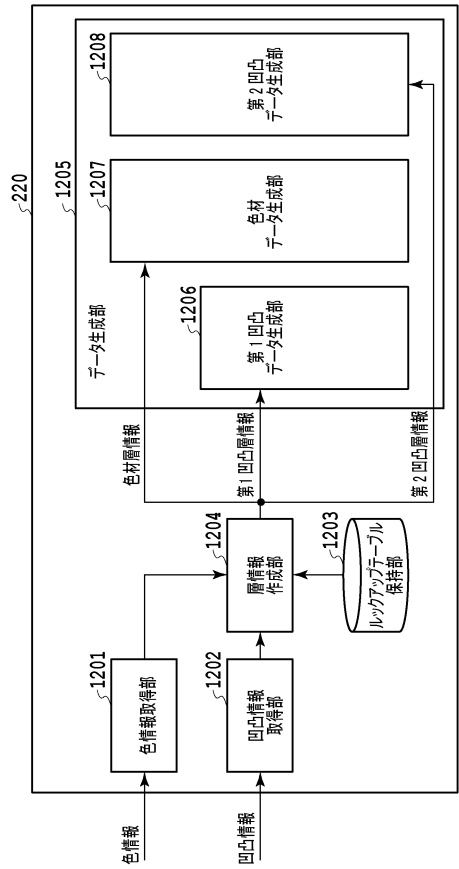
角度 (°)	目視結果	
	最大高さ : 100 μm	最大高さ : 500 μm
15	△	×
20	△	×
25	○	×
30	○	△
35	○	△
40	○	○
45	○	○
50	○	○
55	△	△
60	△	△
65	×	×
70	×	×
75	×	×

○ …色のムラが気にならない  
△ …色のムラがやや気になる  
× …色のムラが気になる

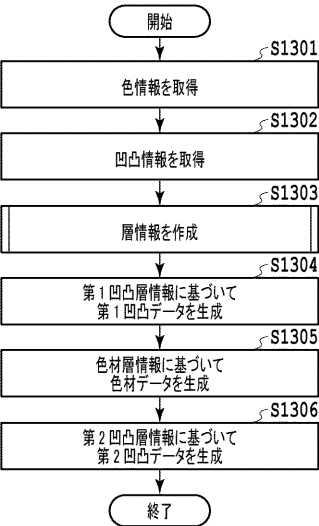
【図 11】



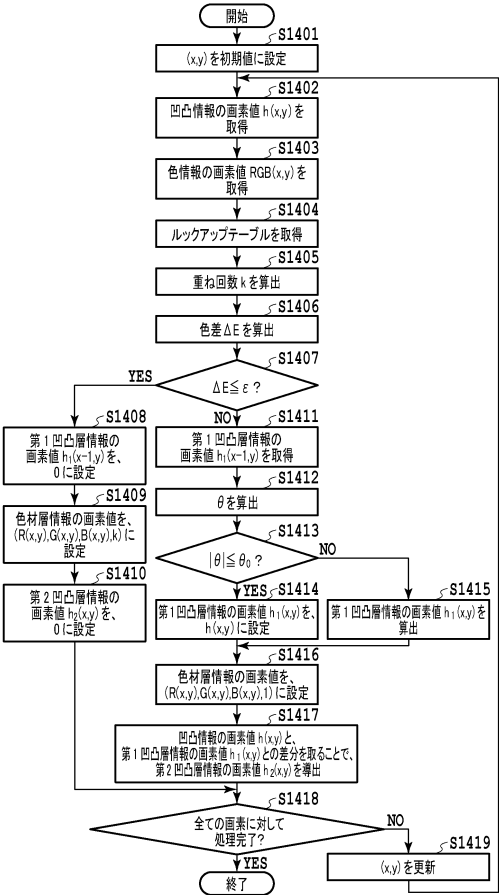
【図 12】



【図 1 3】



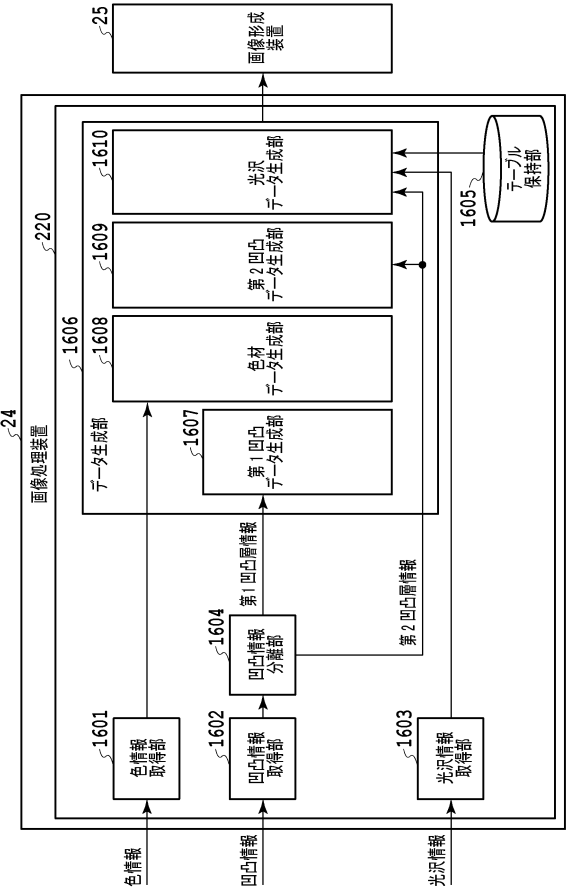
【図 1 4】



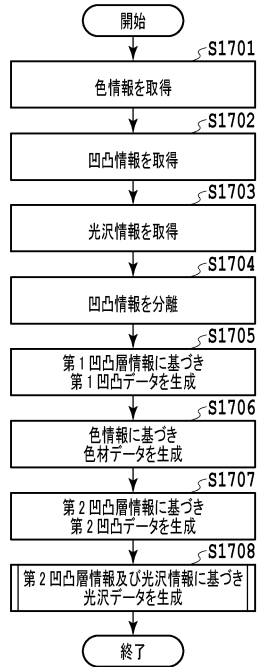
【図 1 5】

	$h_{RGB}$	1層			2層			n層		
		$L_1^*$	$a_1^*$	$b_1^*$	$L_2^*$	$a_2^*$	$b_2^*$	$L_n^*$	$a_n^*$	$b_n^*$
(R,G,B)		xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
(0.0,0)	0.020	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
(0.0,32)	0.016	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
(0.0,64)	0.017	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
...	...	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
(255,255,255)	0.000	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx

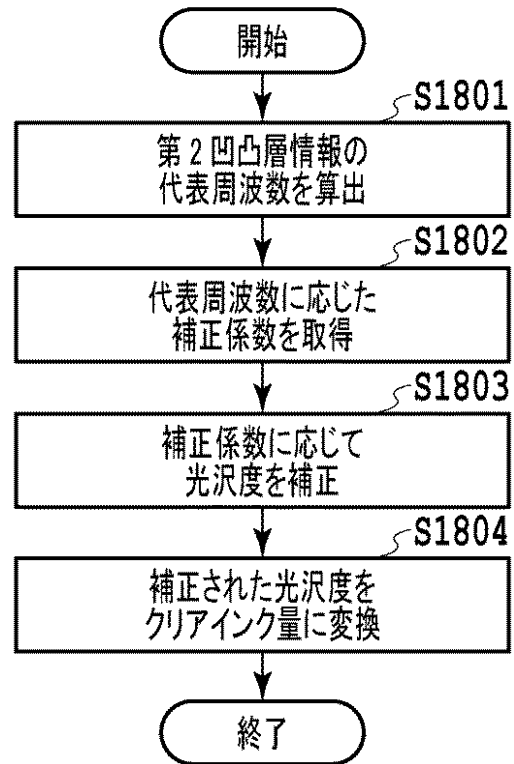
【図 1 6】



【図 17】



【図 18】



【図 19】

周波数 $f$ (cycle/mm)	補正係数 $\alpha$
0.25	0.95
0.50	0.90
1.00	0.50
⋮	⋮
7.00	0.05
8.00	0.01

(a)

光沢度 $G$	クリアインク量
100	70
90	65
80	60
⋮	⋮
10	25
1	16

(b)

---

フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

B 2 9 C	6 4 / 3 8 6
B 3 3 Y	3 0 / 0 0
B 3 3 Y	5 0 / 0 0
B 4 1 J	2 / 0 1
B 4 1 J	2 / 5 2 5