

(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2019-5942

(P2019-5942A)

(43) 公開日 平成31年1月17日(2019.1.17)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B 2 9 C 64/386 (2017.01)	B 2 9 C 64/386	2 C 0 5 6
B 3 3 Y 50/00 (2015.01)	B 3 3 Y 50/00	4 F 2 1 3
B 3 3 Y 30/00 (2015.01)	B 3 3 Y 30/00	
B 3 3 Y 10/00 (2015.01)	B 3 3 Y 10/00	
B 4 1 J 2/21 (2006.01)	B 4 1 J 2/21	
審査請求 未請求 請求項の数 22 O L (全 20 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2017-121704 (P2017-121704)	(71) 出願人	000001007
(22) 出願日	平成29年6月21日 (2017. 6. 21)		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	100126240
			弁理士 阿部 琢磨
		(74) 代理人	100124442
			弁理士 黒岩 創吾
		(72) 発明者	久保 英希
			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
		F ターム (参考)	2C056 EA04 EB29 EB46 EB58 EB59 EC07 EC69 EC71 EC72 EC79 EE17 EE18 FA10 FB01 FB04 FB10 HA44 HA46 4F213 AF01 AF14 WA25 WB01 WL24 WL85

(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) 【要約】

【課題】 記録媒体上に形成される造形物の反射特性を高精度に再現するための画像処理を提供することを目的とする。

【解決手段】 少なくとも記録材の層である第1層と第2層とから成る造形物を記録媒体上に形成するためのデータを生成する画像処理装置であって、前記第1層の形状を表す形状データと、前記第2層の反射特性を表す反射特性データと、を取得する取得手段と、前記反射特性データと前記形状データとに基づいて、前記造形物の所定領域ごとの反射特性を推定する推定手段と、前記推定手段によって推定された前記反射特性を有する前記造形物を前記記録媒体上に形成するために、前記記録材の記録量を表す記録量データと、前記記録媒体上における前記記録材のドット配置に対応するドット配置データと、の少なくとも一方を生成する生成手段と、を有することを特徴とする画像処理装置。

【選択図】 図8



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

少なくとも記録材の層である第 1 層と第 2 層とから成る造形物を記録媒体上に形成するためのデータを生成する画像処理装置であって、

前記第 1 層の形状を表す形状データと、前記第 2 層の反射特性を表す反射特性データと、を取得する取得手段と、

前記反射特性データと前記形状データとに基づいて、前記造形物の所定領域ごとの反射特性を推定する推定手段と、

前記推定手段によって推定された前記反射特性を有する前記造形物を前記記録媒体上に形成するために、前記記録材の記録量を表す記録量データと、前記記録媒体上における前記記録材のドット配置に対応するドット配置データと、の少なくとも一方を生成する生成手段と、

を有することを特徴とする画像処理装置。

【請求項 2】

前記記録媒体上に前記造形物を形成するための画像形成装置の出力特性に基づいて、前記形状データを変換する変換手段と、

前記推定手段によって推定された前記反射特性と、前記変換手段によって変換された前記形状データと、に基づいて、前記推定手段によって推定された前記反射特性を有する前記造形物を前記記録媒体上に形成するための前記第 2 層の反射特性を表す第 2 反射特性データを生成する第 2 生成手段と、をさらに有し、

前記生成手段は、前記形状データと前記第 2 反射特性データとに基づいて、前記記録量データと前記ドット配置データとの少なくとも一方を生成すること特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 3】

前記第 2 生成手段は、前記推定手段によって推定された前記反射特性と、前記変換手段によって変換された前記形状データと、に基づいて、前記推定手段によって推定された前記反射特性と、前記記録媒体上に前記記録材を記録することによって形成される前記造形物の前記所定領域ごとの反射特性との差分が最小となるように、前記第 2 反射特性データを生成することを特徴とする請求項 2 に記載の画像処理装置。

【請求項 4】

前記第 2 生成手段は、前記推定手段によって推定された前記反射特性に対して前記変換手段によって変換された前記形状データを用いた逆畳み込み演算を行うことによって、前記第 2 反射特性データを生成することを特徴とする請求項 2 に記載の画像処理装置。

【請求項 5】

前記記録媒体上に前記造形物を形成するための画像形成装置の出力特性に基づいて、前記反射特性データを変換する変換手段と、

前記推定手段によって推定された前記反射特性と、前記変換手段によって変換された前記反射特性データと、に基づいて、前記推定手段によって推定された前記反射特性を有する前記造形物を前記記録媒体上に形成するための前記第 1 層の形状を表す第 2 形状データを生成する第 2 生成手段と、をさらに有し、

前記生成手段は、前記第 2 形状データと前記反射特性データとに基づいて、前記記録量データと前記ドット配置データとの少なくとも一方を生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。

【請求項 6】

前記第 2 生成手段は、前記推定手段によって推定された前記反射特性と、前記変換手段によって変換された前記反射特性データと、に基づいて、前記推定手段によって推定された前記反射特性と、前記記録媒体上に前記記録材を記録することによって形成される前記造形物の前記所定領域ごとの反射特性との差分が最小となるように、前記第 2 形状データを生成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】

前記第 2 生成手段は、前記推定手段によって推定された前記反射特性に対して前記変換手段によって変換された前記反射特性データを用いた逆畳み込み演算を行うことによって、前記第 2 形状データを生成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 8】

前記記録媒体上に前記造形物を形成するための画像形成装置の出力特性に基づいて、前記形状データと前記反射特性データとを変換する変換手段と、

前記変換手段によって変換された前記形状データと前記反射特性データとに基づいて、前記造形物の前記所定領域ごとの反射特性を推定する第 2 推定手段と、をさらに有し、

前記生成手段は、前記推定手段によって推定された前記反射特性と、前記第 2 推定手段によって推定された前記反射特性と、を用いて、前記記録量データと前記ドット配置データとの少なくとも一方を生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。

10

【請求項 9】

前記生成手段は、前記推定手段によって推定された前記反射特性と、前記記録量データ又は前記ドット配置データと、が対応付けられたテーブルを用いて、前記記録量データと前記ドット配置データとの少なくとも一方を生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。

【請求項 10】

前記生成手段は、前記推定手段によって推定された前記反射特性と、前記記録媒体上に前記記録材を記録することによって形成される前記造形物の前記所定領域ごとの反射特性との差分が最小となるように、前記記録量データと前記ドット配置データとの少なくとも一方を生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。

20

【請求項 11】

前記取得手段は、前記第 1 層の表面の法線角度を表す前記形状データを取得す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】

前記取得手段は、前記第 1 層の表面の高さを表す前記形状データを取得し、

前記形状データが表す前記高さを、前記第 1 層の表面の法線角度に変換する第 2 変換手段をさらに有し、

前記推定手段は、前記反射特性データと、前記第 2 変換手段によって変換された前記形状データとに基づいて、前記造形物の前記所定領域ごとの反射特性を推定す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。

30

【請求項 13】

前記取得手段は、反射角度ごとの反射率又は反射強度を表す前記反射特性データを取得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】

前記推定手段は、前記反射特性データと前記形状データとを用いた畳み込み演算を行うことによって、前記造形物の前記所定領域ごとの反射特性を推定することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 13 のいずれか一項に記載の画像処理装置。

【請求項 15】

前記記録量データと前記ドット配置データとの少なくとも一方を前記画像形成装置に出力する出力手段をさらに有することを特徴とする請求項 2 乃至請求項 8 のいずれか一項に記載の画像処理装置。

40

【請求項 16】

前記記録材は、前記記録媒体上に前記第 1 層を形成するための第 1 記録材と、前記第 1 層の上に前記第 2 層を形成するための第 2 記録材と、の 2 種類の記録材であって、

前記記録媒体はメタリックメディアであって、

前記第 2 記録材は、ホワイトインクであることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 15 のいずれか一項に記載の画像処理装置。

【請求項 17】

前記記録材は、前記記録媒体上に前記第 1 層を形成するための第 1 記録材と、前記第 1

50

層の上に前記第 2 層を形成するための第 2 記録材と、の 2 種類の記録材であって、

前記記録媒体はホワイトメディアであって、

前記第 2 記録材は、メタリックインクであることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 1 5 のいずれか一項に記載の画像処理装置。

【請求項 1 8】

前記第 1 記録材は、光又は熱によって硬化するクリアインク又は、木材又は、金属であることを特徴とする請求項 1 6 又は請求項 1 7 に記載の画像処理装置。

【請求項 1 9】

前記生成手段が生成した、前記第 1 記録材に対応する前記記録量データ及び前記ドット配置データは、前記第 1 記録材を前記記録媒体上に積み上げることによって前記第 1 層を形成するためのデータであることを特徴とする請求項 1 6 乃至請求項 1 8 のいずれか一項に記載の画像処理装置。

10

【請求項 2 0】

前記生成手段が生成した、前記第 2 記録材に対応する前記記録量データ及び前記ドット配置データは、前記第 2 記録材を用いて鏡面と拡散面との面積率を前記記録媒体上で制御するためのデータであることを特徴とする請求項 1 6 乃至請求項 1 9 のいずれか一項に記載の画像処理装置。

【請求項 2 1】

コンピュータを請求項 1 乃至請求項 2 0 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。

20

【請求項 2 2】

少なくとも記録材の層である第 1 層と第 2 層とから成る造形物を記録媒体上に形成するためのデータを生成する画像処理方法であって、

前記第 1 層の形状を表す形状データと、前記第 2 層の反射特性を表す反射特性データと、を取得する取得ステップと、

前記反射特性データと前記形状データとに基づいて、前記造形物の所定領域ごとの反射特性を推定する推定ステップと、

前記推定ステップによって推定された前記反射特性を有する前記造形物を前記記録媒体上に形成するために、前記記録材の記録量を表す記録量データと、前記記録媒体上における前記記録材のドット配置に対応するドット配置データと、の少なくとも一方を生成する生成ステップと、

30

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、記録媒体上に形成される造形物の反射特性を再現するための画像処理技術に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、コンピュータグラフィックス（CG）を用いて生成した 3 次元形状データをプリンタに入力することによって当該 3 次元形状データが表す 3 次元形状を記録媒体上に形成する技術が用いられている。記録媒体上に形成された 3 次元形状の外観を決める要因として、表面凹凸と光沢とがある。記録媒体上において入力データに忠実な表面凹凸と光沢との再現を行うためには、プリンタの出力特性を考慮する必要がある。特許文献 1 は、プリンタの出力特性に基づいて、入力データが表す表面凹凸を記録媒体上に形成した場合の光沢と入力データが表す光沢との比率（変化率）を算出し、当該比率を用いて光沢データを補正する技術を開示している。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

50

【特許文献１】特開２０１６－２１０１３９号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００４】

しかしながら、特許文献１に記載の方法では、表面凹凸を表す入力データを周波数分解することによって得られる周波数のうち特定の周波数のみを用いて上述した比率を算出しているため、所望の反射特性を記録媒体上で高精度に再現できない場合があった。

【０００５】

本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、記録媒体上に形成される造形物の反射特性を高精度に再現するための画像処理を提供することを目的とする。

10

【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、少なくとも記録材の層である第１層と第２層とから成る造形物を記録媒体上に形成するためのデータを生成する画像処理装置であって、前記第１層の形状を表す形状データと、前記第２層の反射特性を表す反射特性データと、を取得する取得手段と、前記反射特性データと前記形状データとに基づいて、前記造形物の所定領域ごとの反射特性を推定する推定手段と、前記推定手段によって推定された前記反射特性を有する前記造形物を前記記録媒体上に形成するために、前記記録材の記録量を表す記録量データと、前記記録媒体上における前記記録材のドット配置に対応するドット配置データと、の少なくとも一方を生成する生成手段と、を有すること

20

【発明の効果】

【０００７】

本発明によれば、記録媒体上に形成される造形物の反射特性を高精度に再現することができる。

【図面の簡単な説明】

【０００８】

【図１】画像処理装置１の構成を示す図

【図２】画像形成装置２１１の構成を示す図

【図３】面積階調法による画像の階調表現を説明するための模式図

30

【図４】記録媒体上に造形物を形成するための画像形成装置２１１の動作を説明するための図

【図５】記録媒体上に形成された造形物の断面を示す図

【図６】光沢層の反射特性を説明するための図

【図７】凹凸層と光沢層との関係に応じた造形物の反射特性を説明するための図

【図８】画像処理装置１が実行する処理を示すフローチャート

【図９】画像処理装置１が実行する処理に用いるデータの例を説明する図

【発明を実施するための形態】

【０００９】

[実施例１]

40

本実施例においては、凹凸形状を有する凹凸層と光沢を表現する光沢層と色を表現する画像層とから成る３次元造形物を記録媒体上に形成するためのデータを生成する例について説明する。

【００１０】

< 画像処理装置１のハードウェア構成 >

画像処理装置１のハードウェア構成を図１（ａ）を用いて説明する。画像処理装置１は、例えばコンピュータであり、ＣＰＵ２０１、ＲＯＭ２０２、ＲＡＭ２０３を備える。ＣＰＵ２０１は、ＲＡＭ２０３をワークメモリとして、ＲＯＭ２０２、ＨＤＤ（ハードディスクドライブ）２１３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、ＣＰＵ２０１は、システムバス２０８を介して各構成を制御する

50

。尚、後述するフローチャートによる処理は、ROM 202やHDD 213などに格納されたプログラムコードがRAM 203に展開され、CPU 201によって実行される。VC(ビデオカード)204には、ディスプレイ215が接続される。汎用I/F(インターフェース)205には、シリアルバス209を介して、マウスやキーボードなどの入力デバイス210や画像形成装置211が接続される。SATA(シリアルATA)I/F 206には、シリアルバス212を介して、HDD 213や各種記録メディアの読み書きを行う汎用ドライブ214が接続される。NIC(ネットワークインターフェースカード)207は、外部装置との間で情報の入出力を行う。CPU 201は、HDD 213や汎用ドライブ214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。CPU 201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)画面をディスプレイ215に表示し、入力デバイス210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

【0011】

<画像処理装置1の論理構成>

図1(b)は、画像処理装置1の論理構成を示す図である。画像処理装置1は、取得部301と、第1算出部302と、第2算出部303と、推定部304と、変換部305と、生成部306と、出力部307と、を有する。

【0012】

取得部301は、画像層の色を表す色データと、光沢層の鏡面反射強度を表す反射特性データと、凹凸層表面の基準面からの高さを表す形状データと、を取得する。第1算出部302は、形状データが表す凹凸層表面の高さに基づいて、凹凸層表面の法線角度分布を算出する。第2算出部303は、反射特性データが表す光沢層の鏡面反射強度に基づいて、光の入射角度及び出射(反射)角度に応じた光沢層の反射特性を算出する。推定部304は、第1算出部302によって算出された法線角度分布を有する凹凸層と、第2算出部303によって算出された反射特性を有する光沢層と、から成る造形物の反射特性を推定する。変換部305は、画像形成装置211の出力特性に基づいて、形状データを変換する。生成部306は、推定部304によって推定された反射特性と、変換部305によって変換された形状データと、に基づいて、推定された反射特性を有する造形物を前記記録媒体上に形成するための光沢層の反射特性を表す補正反射特性データを生成する。出力部307は、色データと補正反射特性データと形状データとに基づいて、記録媒体上に記録する記録材のドット配置を表すドット配置データを生成し、生成したドット配置データを画像形成装置211に出力する。

20

30

【0013】

<画像形成装置211の構成>

図2は、画像形成装置211の構成図である。本実施例における画像形成装置211は、記録媒体上にインクの記録を行うことによって3次元造形物を形成するインクジェットプリンタである。3次元造形物は、クリアインクによって形成される凹凸層と、ホワイトインクによって形成される光沢層と、カラーインクによって形成される画像層と、から成る。

40

【0014】

ヘッドカートリッジ801は、複数の吐出口からなる記録ヘッドと、この記録ヘッドへインクを供給するインクタンクとを有する。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。インクタンクには、クリアインクと、ホワイトインクと、シアン、マゼンタ、イエロー、ブラックのカラーインクと、の計6種類のインクが独立に設けられている。上述したインクは、紫外光(UV)を照射することによって硬化するUV硬化性のインクである。ヘッドカートリッジ801はキャリッジ802に位置決めして交換可能に搭載されており、キャリッジ802には、コネクタを介してヘッドカートリッジ801に駆動信号等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802には、紫外光照射装置815が搭載されており、UVを照

50

射することによって、吐出されたUV硬化性のインクを記録媒体上に固着させるために制御される。キャリッジ802は、ガイドシャフト803に沿って往復移動可能となっている。具体的には、キャリッジ802は、主走査モータ804を駆動源としてモータプーリ805、従動プーリ806およびタイミングベルト807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。尚、本実施例において、このキャリッジ802のガイドシャフト803に沿った移動を「主走査」と呼び、移動方向を「主走査方向」と呼ぶ。プリント用紙等の記録媒体808は、オートシートフィーダ(以下、「ASF」)810に載置されている。画像形成時、給紙モータ811の駆動によってギアを介してピックアップローラ812が回転し、ASF810から記録媒体808が一枚ずつ分離され、給紙される。更に、記録媒体808は、搬送ローラ809の回転によりキャリッジ802上のヘッドカートリッジ801の吐出口面と対向する記録開始位置に搬送される。搬送ローラ809は、ラインフィード(LF)モータ813を駆動源としてギアを介して駆動される。記録媒体808が給紙されたか否かの判定と給紙時位置の確定は、記録媒体808がペーパエンドセンサ814を通過した時点で行われる。キャリッジ802に搭載されたヘッドカートリッジ801は、吐出口面がキャリッジ802から下方へ突出して記録媒体808と平行になるように保持されている。制御部820は、CPUや記憶手段等から構成されており、上述した各層を形成するためのデータを外部から受け取り、当該データに基づいて画像形成装置211の各パーツの動作を制御する。

10

【0015】

< 画像形成装置211の動作 >

20

以下、図2に示す構成の画像形成装置211における凹凸層、光沢層、画像層の形成動作について説明する。本実施例における記録媒体808には、上述のホワイトインクが記録された領域より光沢度の高い表面を有するメタリックペーパー(メタリックメディア)を用いる。まず、記録媒体808が所定の記録開始位置に搬送されると、キャリッジ802がガイドシャフト803に沿って記録媒体808上を移動し、その移動の際に記録ヘッドの吐出口よりクリアインクが吐出される。紫外光照射装置815は記録ヘッドの移動に合わせて紫外光(UV)を照射し、吐出されたクリアインクを硬化させ、記録媒体上に固着させる。そして、キャリッジ802がガイドシャフト803の一端まで移動すると、搬送ローラ809が所定量だけ記録媒体808をキャリッジ802の走査方向に垂直な方向に搬送する。本実施例において、この記録媒体808の搬送を「紙送り」または「副走査」と呼び、この搬送方向を「紙送り方向」または「副走査方向」と呼ぶ。記録媒体808の所定量の搬送が終了すると、再度キャリッジ802はガイドシャフト803に沿って移動する。このように、記録ヘッドのキャリッジ802による走査と紙送りとを繰り返すことにより記録媒体808上に凹凸形状(凹凸層)が形成される。凹凸層が形成された後は、搬送ローラ809が記録媒体808を記録開始位置に戻す。次に、凹凸層の形成と同様のプロセスで凹凸層上にホワイトインクを記録することによって光沢層を形成する。さらに、同様のプロセスで光沢層上にカラーインクを記録することによって画像層を形成する。

30

【0016】

図3は、面積階調法により制御された画像の表現を表す模式図である。本実施例における記録ヘッドは、説明を簡易にするため、インク滴を吐出するか否かの二値で制御される。本実施例では、画像形成装置211の出力解像度で定義される画素毎にインクのオン・オフを制御するものとし、単位面積において全画素をオンにした状態をインクの記録量100%として扱うものとする。尚、「オン」はインクを吐出することを表し、「オフ」はインクを吐出しないことを表す。このような二値プリンタでは、単一の画素では100%か0%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に示す例では、図中左下のように25%の濃度で中間調表現を行う代わりに、右下のように4×4画素中の4画素にインクを吐出することで、面積的に25%(4/16)の表現を行っている。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総画素数やオンになる画素のパターン等は上記の例に限定されるものではない。

40

50

網点と呼ばれる周期的なスクリーン処理や誤差拡散処理を用いてオンになる画素のパターンを決めることができる。尚、上述の二値化処理を変調可能な複数レベルへの多値化処理に拡張することによってインクの吐出量を変調可能な記録ヘッドにも適用可能であり、二値化に限定されるものではない。

【0017】

本実施例における凹凸層の形成では、上述のインクの記録量の概念を用いて位置毎に高さの制御を行う。凹凸層の形成においてインクの記録量100%でほぼ均一な層を形成した場合、吐出したインクの体積に応じて、層はある厚さ(高さ)を有する。例えば、記録量100%で形成された層が20 μ mの高さを有する場合、100 μ mの高さを再現するためには、層を5回重ねればよい。つまり、100 μ mの高さが必要な位置に打ち込むインクの記録量は500%となる。

10

【0018】

図4は、記録媒体808上を記録ヘッドが走査することによって凹凸層、光沢層、画像層を形成する動作を説明する図である。キャリッジ802による主走査で記録ヘッドの幅Lだけ層の形成を行い、1ラインの記録が終了する毎に記録媒体808を副走査方向に距離Lずつ搬送する。説明を平易にするため、本実施例における画像形成装置211は一回の走査で記録量100%までのインクの吐出しかできないものとし、記録量100%を超える層の形成の場合には、搬送は行わずに同じ領域を複数回走査する。例えば、打ち込むインクの記録量が最大500%の場合は、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を記録ヘッドで5回走査した(図4(a))後、記録媒体808を副走査方向に搬送し、領域Bの主走査を5回繰り返す(図4(b))ことになる。

20

【0019】

尚、記録ヘッドの駆動精度に起因する周期ムラ等の画質劣化を抑制するために、記録量100%以下でも複数回の走査、いわゆるマルチパス印刷を行う場合がある。図4(c)~(e)に2パス記録の例を示す。この例では、キャリッジ802による主走査で記録ヘッドの幅Lだけ層の形成を行い、1ラインの記録が終了する毎に記録媒体808を副走査方向に距離L/2ずつ搬送する。領域Aは記録ヘッドのm回目の主走査(図4(c))とm+1回目の主走査(図4(d))により記録され、領域Bは記録ヘッドのm+1回目の主走査(図4(d))とm+2回目の主走査(図4(e))により記録される。ここで、2パス記録の動作を説明したが、何回のパス数で記録するかは、所望の精度に応じて変えることができる。nパス記録を行う場合は、例えば、1ラインの記録が終了する毎に記録媒体808を副走査方向に距離L/nずつ搬送する。この場合、インクの記録量が100%以下でも複数の印字パターンに分割し記録媒体の同一ライン上を記録ヘッドがn回主走査することで凹凸層、光沢層、画像層を形成する。本実施例では、上述のマルチパス印刷による走査と100%以上のインクを打ち込むための走査との混同を防ぐため、マルチパス印刷は行わないものとし、複数回の走査は、層を積層するためのものとして説明する。尚、記録媒体808は紙に限定されず、記録ヘッドによる層の形成に対応できるものであれば、プラスチックフィルム等の各種の材料が利用可能である。

30

【0020】

<記録媒体上に形成される造形物について>

40

図5は、記録媒体上に生成された凹凸層、光沢層、画像層からなる造形物の断面図である。本実施例では、高光沢のメタリックペーパー上に、数mm程度の高さ分布を有する凹凸層を形成し、その表面に光沢層を形成し、さらに光沢層上に画像層を形成する。厳密には光沢層と画像層とも高さの分布を有するが、厚みは凹凸層と比べて十分小さく、最終的な凹凸形状への影響は軽微であるので、無視できるものとする。尚、光沢層と画像層との高さ分布を考慮して形状データが表す高さに修正を加えるなどの処理を施すことが可能である。

【0021】

光沢層における反射特性は、記録媒体上の高光沢領域と低光沢領域との面積率によって制御される。本実施例における光沢度は、ホワイトインクが記録された領域とホワイトイ

50

ンクが記録されていない領域との面積率で制御される。図6はホワイトインクが記録された領域とホワイトインクが記録されていない領域との面積率に応じたプリント物の反射特性の違いを表す模式図である。

【0022】

図6(a)は、ホワイトインクが記録された領域の面積率が0%のプリント物、図6(b)は、ホワイトインクが記録された領域の面積率が100%のプリント物の表面反射特性の例を表す。それぞれのグラフは、ある点光源からの入射光に対する反射特性を示しており、横軸は反射光の出射角度、縦軸は反射光の反射強度を示す。出射角度は、入射光の正反射方向を0度とした角度である。ホワイトインクが記録された領域は、反射光の拡散反射成分が大きく、いろいろな角度(多方向に)に光を反射させる。一方、メタリックペーパーなどが有する鏡面性の高い表面は、反射光の鏡面反射成分が大きい。本実施例では、光沢層と記録媒体との間に凹凸層を設けるが、凹凸層はクリアインクによって形成されるため透過性が高く、下地のメタリックペーパーが観察できる。このため、ホワイトインクが記録されていない表面は、下地が露出しているものとみなすことができ、鏡面に近い特性を有する。上述した二つの特性を有する面の面積比率を制御することによって、ホワイトインクを用いて形成される拡散面とメタリックペーパーを用いて形成される鏡面との中間的な反射特性を表現することが可能である。尚、プリント物の反射特性は、光沢層上に形成される画像層の反射特性の影響を受けるが、説明を簡易にするため、画像層の反射特性は軽微で無視できるものとする。尚、画像層による反射特性への影響を考慮して光沢層の反射特性に補正をかけることが可能である。

10

20

【0023】

次に、凹凸層と光沢層との関係に応じた造形物の反射特性について図7を用いて説明する。図7(a)(b)は、図6と同様にある光沢層平面の表面反射特性を表す。これらの表面反射特性をガウス分布に近似すると標準偏差は、図7(a)の場合に $\sigma = 15$ 、図7(b)の場合に $\sigma = 20$ である。光沢層は標準偏差 σ が小さいほど鏡面に近く、大きいほど拡散面に近い。図7(c)(d)は、凹凸層の形状を表し、図7(c)は平面、図7(d)は0.5mm幅に対して振幅0.15mm程の正弦波状の凹凸を有している。本実施例における造形物の形状は2次元の高さの分布で表すが、ここでは説明を簡易にするため1次元の高さ分布を用いて説明する。図7(e)(f)は、それぞれ図7(c)(d)で示した形状の法線角度分布を表している。

30

【0024】

図7(g)の破線は、図7(a)の表面反射特性を有する面が、図7(c)の形状であった場合の表面反射特性を表す。図7(c)は平面であるので、図7(g)の破線は、図7(a)の表面反射特性と同じである。また、図7(g)の実線は、図7(a)の表面反射特性を有する面が、図7(d)の形状であった場合の表面反射特性を表す。これは、図7(a)に表す平面の表面反射特性と、図7(f)に表す法線角度分布と、の畳み込み演算(コンボリューション)の結果によって表現される。図7(h)の実線は、図7(b)の表面反射特性を有する面が、図7(c)の形状であった場合の反射特性を表す。図7(h)の破線は、図7(g)の実線と同じで、図7(a)の表面反射特性を有する面が図7(d)の形状であった場合の反射特性を表す。図7(h)の実線と図7(h)の破線はほぼ一致している。これは、凹凸および光沢の分布する面積が、視覚の分解能より小さければ、異なる表面反射特性と凹凸形状との組み合わせでも、結果としてほぼ同じような見え(反射特性)を得ることが可能であることを示している。凹凸は、振幅が大きいほど、また、周期が短い(周波数が高い)ほど、法線角度分布が広くなり、いろいろな角度に光を反射する。つまり、凹凸の振幅を大きくする、又は、凹凸の周期を短くすることによって、表面の反射特性をより拡散反射しやすくした場合と同じような見えにすることができる。

40

【0025】

一方で、記録媒体上に凹凸を形成する場合、画像形成装置211のインクの吐出間隔やUVの照射タイミングなどに応じてインクの濡れ広がりが生じてしまい、目標の凹凸形状

50

を再現できない場合がある。凹凸形状に応じて光の反射方向が変化するため、目標の凹凸形状を再現できない場合には、記録媒体上に意図とは異なる反射特性を有する造形物が形成されてしまう。本実施例ではこの課題を解決するために、上述した、造形物の反射特性について凹凸層の凹凸形状と光沢層の反射特性とが補い合う関係を利用する。具体的には、画像形成装置 2 1 1 の凹凸形状の再現精度（出力特性）に応じて形状が鈍った造形物の反射特性と目標の凹凸形状を有する造形物の反射特性との差分が生じる。この差分を凹凸層の上に形成する光沢層の表面反射特性によって補うように、光沢層の表面反射特性を補正する。

【0026】

< 画像処理装置 1 が実行する処理のフローチャート >

10

図 8 (a) は、画像処理装置 1 が 3 次元造形物を記録媒体上に形成するためのデータを画像形成装置 2 1 1 へ出力するまでの流れを示すフローチャートである。

【0027】

まず、ステップ S 4 0 1 において、取得部 3 0 1 は、HDD 2 1 3 などの外部装置から記録媒体上に形成する画像層の色を表す色データと、光沢層の鏡面反射強度を表す反射特性データと、凹凸層表面の基準面からの高さを表す形状データと、を取得する。本実施例においては、色データと反射特性データと形状データとを有するポリゴンデータを取得する。ポリゴンデータは、一般的に 3 次元コンピュータグラフィックス (3DCG) で用いられるデータであり、三角形の頂点座標 (x, y, z) を含んでおり、頂点の集合で決定される面の集合で記述される。本実施例におけるポリゴンデータは、頂点座標ごとに RGB 値 (色データ) と反射光の鏡面反射強度 (反射特性データ) とを有する。高さ (形状データ) は、頂点座標の z 値によって表す。尚、造形物の高さの基準面、つまり、 z 値が 0 となる面は記録媒体の表面となるようにする。色データには、3DCG で用いられるファイルフォーマットに格納される RGB データを利用する。反射特性データには、3DCG で用いられるファイルフォーマットに格納される鏡面反射成分データを利用する。

20

【0028】

尚、本実施例では、色データと反射特性データと形状データとをポリゴンデータとしてまとめて取得したが、別々のデータとして取得してもよい。例えば色データは、sRGB 空間上で定義される RGB 値や Adobe RGB 空間上で定義される RGB 値が各画素に記録された画像データであってもよい。また、 $L^*a^*b^*$ 空間上で定義される $L^*a^*b^*$ 値や色の三刺激値である XYZ 値、分光反射率などが各画素に記録された画像データであってもよい。反射特性データは光沢層の光沢特性を表すデータであればよく、例えば、3DCG で用いられるファイルフォーマットに格納される拡散反射成分データであってもよい。また、JIS Z 8 7 4 1 の方法で測定される鏡面光沢度の値や、JIS K 7 1 7 4 や JIS H 8 6 8 6 の方法で測定される像鮮明度の値、ISO 1 3 8 0 3 や ASTM E 4 3 0 の方法で測定される反射ヘイズの値の空間分布を表すデータでもよい。形状データは凹凸層の形状を表すデータであればよく、例えば、3 次元空間内の頂点 (x, y, z) の集合で記述される点群データや、高さや法線角度の空間分布を表すデータであってもよい。

30

【0029】

40

次に、ステップ S 4 0 2 において、第 1 算出部 3 0 2 は、ステップ S 4 0 1 において取得された形状データに基づいて、法線角度分布 N_{in} を算出する。具体的には、まず、ポリゴンデータが有する頂点座標データを高さデータに変換する。図 9 (a) は、頂点座標データから高さデータへの変換例である。説明を簡易にするため、高さの分布を 1 次元の分布として説明する。図 9 (a) のマーカ (点) はステップ S 4 0 1 で取得された離散的なポリゴンの頂点データの座標の例を示している。ここで縦軸 0 は、記録媒体の表面を表す。取得された形状データすなわち頂点データは、所定の解像度で線形内挿され、高さを等間隔に表す高さデータ H_{in} に変換される。本実施例では、4800 dpi で内挿されるものとする。図 9 (a) の実線は、内挿によって得られた高さデータ H_{in} を示す。尚、内挿方法は、線形内挿に限らず、ニアレストネイバー法、バイキュービック法、スプラ

50

イン法など公知の内挿法が利用できる。内挿によって得られた高さデータ H_{i_n} は、下記の式 (1) と式 (2) とにより法線角度分布 N_{i_n} へ変換される。

$$V = \text{atan2}(\text{diff}(H_{i_n}), 1/DPI) \quad \cdots \text{式 (1)}$$

$$N_{i_n} = \text{histogram}(V) \quad \cdots \text{式 (2)}$$

ここで、 diff は隣接するデータ値 (高さ) の差分であり、 atan2 は 4 象限逆正接である。 $1/DPI$ は解像度の逆数であり、データ間の距離に相当する。式 (1) は、 4800 dpi で等間隔に並ぶデータにおいて、隣接するデータをつなぐ面の法線を求める式であり、 V は法線ベクトルの集合である。式 (2) の histogram は、法線ベクトルの数を角度ごとにカウントし、法線角度とその頻度 (カウント数) とを表す法線角度分布 N_{i_n} を算出する。図 9 (b) に、算出された法線角度分布 N_{i_n} を示す。本実施例では、法線角度分布 N_{i_n} の算出を 30 dpi (約 0.8 mm 角相当) で行い、データ数が 160 となるようにする。

【0030】

尚、上述した法線角度分布 N_{i_n} を表す形状データを予め生成しておいてステップ S 401 において取得した場合は、ステップ S 402 の処理を行わず、ステップ S 403 の処理に進む。

【0031】

次に、ステップ S 403 において、第 2 算出部 303 は、ステップ S 401 において取得された反射特性データに基づいて、光の入射角度及び出射 (反射) 角度に応じた反射特性 G_{i_n} を算出する。具体的には、まず、反射特性データは、ステップ S 402 における頂点座標データに対する内挿処理のように、 4800 dpi のデータとなるように線形内挿される。さらに、線形内挿された反射特性データにおいて、 30 dpi の単位で鏡面反射強度の平均値 G_{ave} を算出する。次に、鏡面反射強度の平均値 G_{ave} から反射特性 G_{i_n} を算出する。本実施例における反射特性 G_{i_n} は、図 7 (a) に示すような、出射 (反射) 角度ごとの反射強度分布をガウス近似することによって得られる標準偏差である。反射特性 G_{i_n} の算出は、鏡面反射強度の平均値 G_{ave} と反射特性 G_{i_n} とが対応付けられた LUT (ルックアップテーブル) を用いて、補間処理により算出する。当該 LUT は、正反射方向に鏡面反射強度 G_{ave} を有する記録媒体表面の反射角度ごとの反射強度を計測しておくことによって作成しておき、HDD 213 等に記憶させておいて用いる。図 9 (c) に、算出された反射特性 G_{i_n} が表す表面反射特性の例を示す。尚、反射特性 G_{i_n} の算出には LUT を用いたが、正反射方向への鏡面反射強度 G_{ave} のからの拡がり、つまり、反射角度ごとの反射強度分布がガウス分布となるように算出してもよい。反射特性 G_{i_n} は、BRDF (双方向反射率分布関数) のように 3 次元の反射強度 (反射率) 分布を表すパラメータであってもよい。

【0032】

尚、上述した反射特性 G_{i_n} を表す反射特性データを予め生成しておいてステップ S 401 において取得した場合は、ステップ S 403 の処理を行わず、ステップ S 404 の処理に進む。

【0033】

次に、ステップ S 404 において、推定部 304 は、法線角度分布 N_{i_n} と反射特性 G_{i_n} とを用いて、法線角度分布 N_{i_n} を有する凹凸層と反射特性 G_{i_n} を有する光沢層とから成る造形物の所定領域ごとの反射特性 A_{target} を推定する。推定には以下の式 (3) を用いる。ここで推定する反射特性 A_{target} は、造形物の見え (反射特性) の再現目標である。尚、本実施例における所定領域は、 30 dpi の最小単位 (画素) に対応する領域である。

$$A_{target} = N_{i_n} * \text{gauss}(G_{i_n}) \quad \cdots \text{式 (3)}$$

ここで記号 $*$ は畳み込み積分、 gauss は標準偏差とするガウス関数である。図 9 (d) に算出された反射特性 A_{target} の例を示す。尚、本実施例では、畳み込み演算により $-90 \sim 90$ 度の範囲外となった値は無視しているが、多重反射成分として範囲内の値に足しこむなどの方法をとっても良い。

10

20

30

40

50

【0034】

次に、ステップS405において、変換部305は、ステップS402において得られた高さデータ H_{in} の解像度を画像形成装置211のプリンタ解像度に変換することによって、プリント用高さデータ H_{print} を生成する。本実施例において、画像形成装置211のプリンタ解像度は300dpiとする。つまり、上述した解像度変換は、4800dpiの高さデータ H_{in} を300dpiのプリント用高さデータ H_{print} に変換するということである。内挿方法は、上述したような公知の方法を用いることができる。尚、内挿によって得られた値が画像形成装置211が再現できる範囲内にはない場合には、その旨をユーザに通知するための表示をディスプレイ215に行わせてもよい。また、再現範囲外の値を再現範囲内にクリッピングしてもよいし、再現範囲外の値を再現範囲内に線形圧縮してもよい。

10

【0035】

次に、ステップS406において、変換部305は、ステップS405において生成したプリント用高さデータ H_{print} を用いて、記録媒体上に形成される凹凸形状を推定し、推定した凹凸形状の法線角度分布 N_{out} を算出する。具体的には、まず、プリント用高さデータ H_{print} を以下の式(4)を用いて解像度変換することによって、推定される凹凸形状の高さを表す推定高さデータ H_{out} を生成する。本実施例においては、300dpiのプリント用高さデータ H_{print} を4800dpiの推定高さデータ H_{out} に変換する。

$$H_{out} = \text{interp}(H_{print}, \text{DPI}) * F \quad \cdots \text{式(4)}$$

20

ここで interp は、解像度 $\text{DPI} = 4800 \text{ dpi}$ での内挿処理を表し、 F は画像形成装置211の凹凸形状の出力特性(再現精度)をフィルタ化したものである。記録媒体上に凹凸形状を形成する場合、吐出されたインクが濡れ広がるなどして、高さデータが表す高さを有する形状を形成しきれない場合がある。ここで出力特性は、高さデータが表す高さを有する凹凸形状を画像形成装置211がどの程度記録媒体上で再現できるかを表す値である。フィルタ F には、記録媒体上に形成される凹凸形状のシミュレーションを行い、その結果をフィルタ化して得られるフィルタを用いる。尚、公知の移動平均フィルタやガウシアンフィルタなどローパス特性を有するフィルタを用いてもよい。次に、得られた推定高さデータ H_{out} を用いて、以下の式(5)と式(6)とにより、推定される凹凸形状の法線角度分布 N_{out} を算出する。

30

$$V_{out} = \text{atan2}(\text{diff}(H_{out}), 1/\text{DPI}) \quad \cdots \text{式(5)}$$

$$N_{out} = \text{histogram}(V_{out}) \quad \cdots \text{式(6)}$$

ここで V_{out} は、上述した V と同様に法線ベクトルの集合である。式(6)の histogram は、法線ベクトルの数を角度ごとにカウントし、法線角度とその頻度(カウント数)とを表す法線角度分布 N_{out} を算出する。図9(e)に推定高さデータ H_{out} 、図9(f)に法線角度分布 N_{out} の例を示す。

【0036】

次に、ステップS407において、生成部306は、反射特性 A_{target} と法線角度分布 N_{out} とを用いて、造形物が再現目標の反射特性となるように光沢層で再現すべき反射特性 G_{out} を算出する。法線角度分布 N_{out} を有する凹凸形状(凹凸層)と反射特性 G_{out} を有する光沢層とが積層されて形成される造形物の反射特性 A_{out} は、ステップS404と同様に、以下の式(7)により推定される。

40

$$A_{out} = N_{out} * \text{gauss}(G_{out}) \quad \cdots \text{式(7)}$$

さらに、ステップS404において算出された反射特性 A_{target} と、画像形成装置211の出力特性に応じて推定された凹凸形状(凹凸層)を有する造形物の反射特性 A_{out} と、の誤差 E は下記の式(8)により記述される。

$$E = (A_{target} - N_{out} * \text{gauss}(\quad))^2 \quad \cdots \text{式(8)}$$

本ステップにおける処理は、式(8)における誤差 E が最小となる標準偏差を G_{out} として算出する。誤差 E が最小となるの探索は、ステップS403において算出された反射特性 G_{in} を所定の単位でのインクリメントと誤差 E の評価を繰り返すことによって

50

行う。算出された反射特性 G_{out} を各画素に記録した補正反射特性データを生成し、補正反射特性データをプリンタ解像度に解像度変換する。尚、反射特性 G_{out} が画像形成装置 211 の再現範囲外となる場合は、ディスプレイ 215 を介してユーザにその旨を通知してもよいし、再現範囲内の値となるように線形圧縮してもよい。尚、補正反射特性データは、反射特性 G_{in} を表すデータを補正することによって生成してもよいし、新たなデータとして生成してもよい。

【0037】

図 9 (g) に算出された反射特性 G_{out} が表す表面反射特性の例を示す。また、図 9 (h) における実線は、誤差 E が最小となる G_{out} を式 (7) で用いて算出された反射特性 A_{out} である。図 9 (i) における実線は、式 (7) の G_{out} に G_{in} を代入して算出された反射特性 A_{out} である。図 9 (h) (i) における破線は、図 9 (d) に示す再現目標の反射特性 A_{target} である。図 9 (h) と図 9 (i) とを比較すると、画像形成装置 211 の出力特性に応じて光沢層の反射特性を補正することによって、記録媒体上に凹凸形状が高精度に再現された場合と近い見え (反射特性) を再現することができる。 10

【0038】

最後に、ステップ S408 において、出力部 307 は、記録媒体上に記録する記録材のドット配置を表すドット配置データを生成し、生成したパラメータを画像形成装置 211 に出力する。具体的には、ステップ S401 において取得された色データを取得し、4800dpi のデータとなるように線形内挿した後、プリンタ解像度に解像度変換する。解像度変換は上述した公知の方法によって行う。解像度変換した色データに基づいて、公知の色分解処理により、記録媒体上に画像層を形成するためのカラーインクの記録量を表す第 1 記録量データを生成する。さらに、第 1 記録量データに基づいて、公知のハーフトーン処理により、記録媒体上のカラーインクのドット配置を表す第 1 ドット配置データを生成する。また、ステップ S405 において生成されたプリント用高さデータ H_{print} を取得し、プリント用高さデータ H_{print} に基づいて、記録媒体上に凹凸層を形成するためのクリアインクの記録量を表す第 2 記録量データを生成する。さらに、第 2 記録量データに基づいて、記録媒体上のクリアインクのドット配置を表す第 2 ドット配置データを生成する。また、ステップ S407 において生成された補正反射特性データを取得し、補正反射特性データに基づいて、記録媒体上に光沢層を形成するためのホワイトインクの記録量を表す第 3 記録量データを生成する。さらに、第 3 記録量データに基づいて、記録媒体上のホワイトインクのドット配置を表す第 3 ドット配置データを生成する。以上の処理により生成した第 1 ドット配置データ、第 2 ドット配置データ、第 3 ドット配置データを画像形成装置 211 に出力し、処理を終了する。尚、画像形成装置 211 は、受け取った各ドット配置データに基づいて、凹凸層と光沢層と画像層とを記録媒体上に形成する。尚、出力部 307 が画像形成装置 211 に出力するデータは、当該データに基づいて画像形成装置 211 が凹凸層と光沢層と画像層とを記録媒体上に形成できれば、上述した記録量データであってもよい。また、公知のバス分解処理により上述したドット配置データから生成した、記録媒体上における記録走査ごとのインクのドット配置を表すデータを出力してもよい。 20 30 40

【0039】

本実施例においては、光沢層の反射特性を表す反射特性データと、凹凸層の形状を表す形状データとを取得する。取得した反射特性データと形状データとに基づいて、少なくとも光沢層と凹凸層とから成る造形物の所定領域ごとの反射特性を推定する。推定された反射特性を有する造形物を記録媒体上に形成するために、記録材の記録量を表す記録量データと記録材の記録培地上のドット配置を表すドット配置データを生成する。以上の処理により、記録媒体上に形成される造形物の反射特性を高精度に再現することができる。

【0040】

[実施例 2]

実施例 1 では、再現目標となる造形物の反射特性と、画像形成装置 211 の出力特性に 50

応じて推定された凹凸形状（凹凸層）を有する造形物の反射特性とが近くなるように反射特性データを補正する例を説明した。一方で、画像形成装置 211 は上述したように反射特性を記録媒体上のホワイトの領域とメタリックの領域と面積率によって制御するため、反射特性データが表す反射特性を再現しきれない場合がある。例えばある領域に全くホワイトインクが記録されていなかった場合、それ以上鏡面反射強度を上げることができない。反対も同様であり、ある領域内全てにホワイトインクが記録されていた場合、それ以上拡散反射強度を上げることができない。このように画像形成装置 211 の出力特性によって再現しきれない反射特性を、形状データを補正することによって補う例について説明する。実施例 1 と共通する部分については説明を省略ないしは簡略化し、以下では差異点を中心に説明するものとする。

【0041】

図 8 (b) は、画像処理装置 1 が 3 次元造形物を記録媒体上に形成するためのデータを画像形成装置 211 へ出力するまでの流れを示すフローチャートである。尚、ステップ S401 ~ ステップ S404 は、実施例 1 と同じであるため、説明を省略する。

【0042】

ステップ S404 の次に、ステップ S405' において、変換部 305 は、ステップ S403 において算出された反射特性 G_{in} を画像形成装置 211 の再現可能な範囲内の反射特性 G_{out} に変換する。具体的には、画像形成装置 211 の出力特性を表す値として、記録媒体上で再現可能な範囲内で最も鏡面反射成分が大きい反射特性を表す反射特性を G_{min} とする。さらに、記録媒体上で再現可能な範囲内で最も拡散反射成分が大きい反射特性を表す反射特性を G_{max} とし、反射特性 G_{out} を以下の式 (9) 及び式 (10) によって算出する。尚、本実施例における G_{min} 及び G_{max} は、 G_{in} と同様に、出射（反射）角度ごとの反射強度分布をガウス近似することによって得られる標準偏差である。

$\text{if } (G_{in} > G_{max}), \quad G_{out} = G_{max} \quad \dots \text{式 (9)}$

$\text{if } (G_{in} < G_{min}), \quad G_{out} = G_{min} \quad \dots \text{式 (10)}$

次に、ステップ S406' において、生成部 306 は、反射特性 A_{target} と反射特性 G_{out} とを用いて、造形物が再現目標の反射特性となるように凹凸層において再現すべき形状を算出する。具体的には、まず、実施例 1 におけるステップ S405 のように、以下の式 (11) を用いてプリンタ用高さデータ H_{print} を生成する。ここで、 DPI_{print} はプリンタ解像度である。

$H_{print} = \text{interp}(H_{in}, DPI_{print}) \quad \dots \text{式 (11)}$

次に、実施例 1 におけるステップ S406 のように、式 (12) を用いて、プリント用高さデータ H_{print} を推定高さデータ H_{out} に変換する。ここで、係数 k は、プリンタ用高さデータ H_{print} が表す高さを補正するための係数である。

$H_{out} = \text{interp}(H_{print} \cdot k, DPI) * F \quad \dots \text{式 (12)}$

次に、式 (13) と式 (14) とにより、法線角度分布 N_{out} を算出する。

$V_{out} = \text{atan2}(\text{diff}(H_{out}), 1/DPI) \quad \dots \text{式 (13)}$

$N_{out} = \text{histogram}(V_{out}) \quad \dots \text{式 (14)}$

次に、実施例 1 におけるステップ S407 のように、式 (15) を用いて、誤差 E_2 が最小となる係数 k を算出する。

$E_2 = (A_{target} - N_{out} * \text{gauss}(G_{out}))^2 \quad \dots \text{式 (15)}$

誤差 E_2 が最小となる係数 k は、式 (12) における係数 k を所定の単位でインクリメント又はデクリメントしてから誤差 E_2 の評価を行うことを繰り返して探索する。最後に、算出した係数 k をプリント用高さデータ H_{print} が表す高さに掛けることによって、プリント用高さデータ H_{print} を補正する。尚、算出した係数 k をプリント用高さデータ H_{print} が表す高さに掛けることによって得られた値を基に、新たなデータとして画像形成装置 211 に出力するためのプリント用高さデータ H_{print} を生成してもよい。

【0043】

ステップ S 4 0 6 ' において算出した係数 k は、1 より大きくなるほど式 (1 4) において算出される法線角度分布 N_{out} は広がり、造形物の反射特性は拡散性が高くなる。一方、係数 k が 1 より小さくなるほど N_{out} は狭まり、造形物の反射特性は鏡面性が高くなる。つまり、係数 k により凹凸形状を調整することによって、記録媒体上に形成される造形物の反射特性を調整することができる。

【 0 0 4 4 】

最後のステップ S 4 0 8 は、ステップ S 4 0 1 において取得された色データと、ステップ S 4 0 6 ' において補正されたプリント用高さデータ H_{print} と、ステップ S 4 0 5 ' において算出した反射特性 G_{out} とを用いて、ドット配置データを生成する。そして、生成したドット配置データを画像形成装置 2 1 1 に出力する。

10

【 0 0 4 5 】

本実施例においては、画像形成装置 2 1 1 の光沢の再現範囲（出力特性）に応じて形成される光沢層が再現しきれない反射特性を、凹凸層の凹凸形状を補正することによって補う。以上の処理により、記録媒体上に形成される造形物の反射特性を高精度に再現することができる。

【 0 0 4 6 】

[変形例]

実施例 2 においては、反射特性データが表す反射特性が画像形成装置 2 1 1 の再現範囲外だった場合に、形状データが表す凹凸層の高さ（振幅）に補正を加えたが、実施例は上述した処理には限定されない。形状データを補正できる範囲を広げるために、取得した形状データが表す形状とは別の凹凸形状を凹凸層に重畳する方法が考えられる。例えば、式 (1 2) の代わりに、式 (1 6) を用いることができる。

20

$$H_{out} = \text{interp} (H_{print} + (H_{ad} \cdot k), \quad DPI) * F \quad \cdots \text{式} (1 6)$$

ここで、 H_{ad} は画像処理装置 1 が予め保持している所定の形状（凹凸パターン）であり、例えば、特定周波数の正弦波パターンなどが利用できる。ここで H_{ad} は、画像形成装置 2 1 1 の出力特性を考慮した場合に、再現可能である凹凸形状であることが望ましい。

【 0 0 4 7 】

また、実施例 2 においては、係数 k を用いてプリント用高さデータ H_{print} が表す高さを補正したが、実施例は上述した処理には限定されない。例えば、高さデータに対するフーリエ変換などの周波数分解により、周波数（周期）を算出する。その周波数（周期）を増減させることによって、光沢層が再現しきれない反射特性を補ってもよい。

30

【 0 0 4 8 】

また、実施例 1 においては光沢層の反射特性を補正することによって造形物の反射特性を再現し、実施例 2 においては凹凸層の形状を補正することによって造形物の反射特性を再現しているが、上述した実施例の処理を組み合わせてもよい。例えば、目標の造形物の反射特性よりも記録媒体上に形成される造形物の反射特性の鏡面反射強度が大きい場合、係数 k によって凹凸形状の高さを上げ、さらに、ホワイトインクの面積率を増加させる。このように拡散反射強度を高める補正処理を併用するなど、凹凸層と光沢層との両方に補正を加えて目標の造形物の反射特性に近づけることも可能である。また、上述したように、補正の組み合わせは複数あるため、補正の組み合わせの候補を含む UI 画面をディスプレイ 2 1 5 に表示させ、ユーザに選択させるなどの方法も考えられる。

40

【 0 0 4 9 】

上述した実施例においては、光沢層の反射特性又は凹凸層の形状を補正することによって、造形物の反射特性を再現する例を説明したが、実施例は上述した処理には限定されない。例えば、造形物の反射特性の再現目標である反射特性 A_{target} をステップ S 4 0 4 において算出した後、反射特性 A_{target} に基づいて、直接インクのドット配置データ又は記録量データを生成し出力してもよい。具体的には、反射特性 A_{target} とドット配置データ又は記録量データとが対応付けられたテーブルを用いて、ドット配置データ又は記録量データを生成する。このテーブルは、記録媒体上にインクのドット配置

50

又は記録量を変えながら複数種類の造形物を形成し、形成した造形物の反射特性を測定することによって作成しておく。また、テーブルを用いず、最適化処理によって求めてもよい。例えば、記録媒体上に形成される造形物の反射率と反射特性 A_{target} との差分が最も小さくなるドット配置又は記録量を、予め保持しておいた候補から選択する。また、上述した補正による方法と、テーブルを用いる方法と、最適化処理による方法と、の候補うちのどの方法によってインクの使用方法を決定するかをユーザに選択させるための UI 画面をディスプレイ 215 に表示させてもよい。

【0050】

また、上述した実施例においては、目標の造形物の反射特性と画像形成装置の出力特性に応じて形成される造形物の反射特性との誤差が最小となるように高さデータ又は反射特性データを補正したが、実施例は上述した処理に限定されない。例えば実施例 1 においては、反射特性 A_{target} を法線角度分布 N_{out} を用いた逆畳み込み演算（デコンボリューション）を行うことによって反射特性 G_{out} を算出してもよい。実施例 2 においては、反射特性 A_{target} を反射特性 G_{out} を用いた逆畳み込み演算（デコンボリューション）を行うことによって法線角度分布 N_{out} を算出し、プリント用高さデータ H_{print} を生成してもよい。

【0051】

また、上述した実施例においては、光沢層をホワイトインクとメタリックペーパーとの面積率によって制御するものとしたが、凹凸層をクリアインクではなくホワイトインクで形成し、光沢層をメタリックインクで形成する方法が考えられる。この方法では、鏡面反射強度が大きい領域でメタリックインク的面積率を増やすことで、表面反射特性の制御をすることが可能である。また、記録媒体として一般的な白い記録媒体（ホワイトメディア）を用い、凹凸層はクリアインクで形成し、光沢層はメタリックインクで形成する方法でもよい。

【0052】

また、上述した実施例においては、光沢層の反射特性を単純なガウス分布に近似して扱ったが、環境光による拡散反射成分を考慮するものや、光源方向に応じて反射特性が変化する異方性を考慮したものなど、他のモデルを用いることも可能である。

【0053】

また、上述した実施例においては、画像層の色を表す色データを取得したが、色データを取得せずに、カラーインクについての第 1 記録量データ又は第 1 ドット配置データを取得し、そのまま画像形成装置 211 に出力してもよい。

【0054】

また、上述した実施例においては、画像処理装置 1 は画像形成装置 211 とシリアルバス 209 を介して接続されていたが、画像形成装置 211 が画像処理装置 1 を含む構成であってもよい。

【0055】

上述した実施例においては、UV 硬化性のインクを用いて各層を形成したが、UV 以外の光硬化するインクであってもよい。また、硬化しない水性インクなどでもよい。また、記録材としてインクを用いたが、トナーであってもよい。また、凹凸層の形成には、木材又は、金属を用いてもよい。

【0056】

上述した実施例においては、記録媒体上に凹凸層と光沢層と画像層とを積層する例を説明したが、2 種類のインクを用いて凹凸層と光沢層とを記録媒体上に積層するのみでもよい。

【0057】

[その他の実施例]

本発明は、上述の実施例の 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

10

20

30

40

50

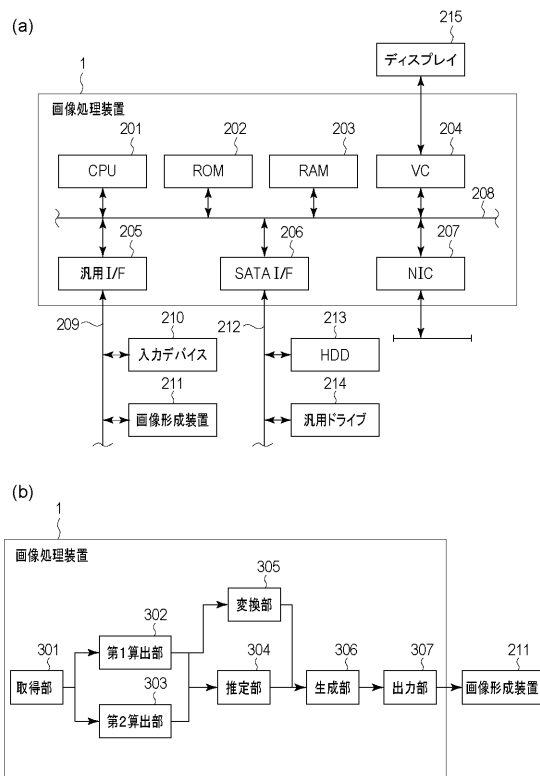
、 1 以上の機能を実現する回路（例えば、A S I C）によっても実現可能である。

【符号の説明】

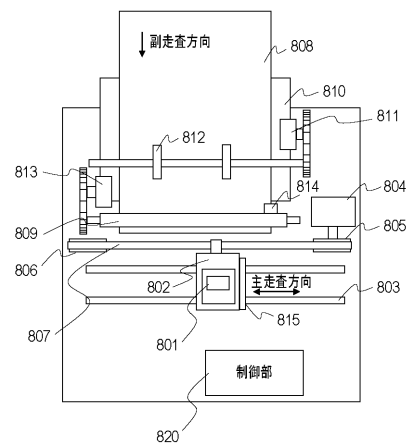
【 0 0 5 8 】

- 1 画像処理装置
- 3 0 4 推定部
- 3 0 7 出力部

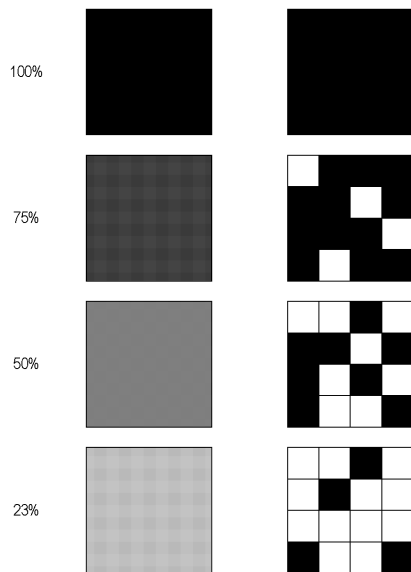
【 図 1 】



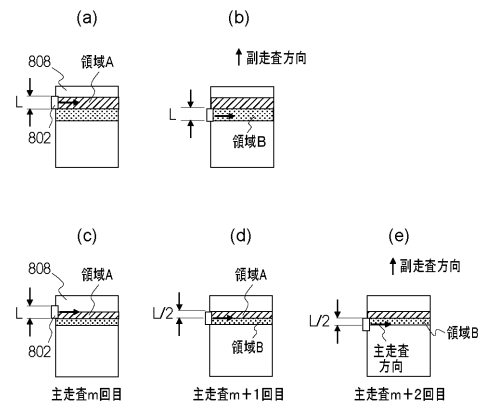
【 図 2 】



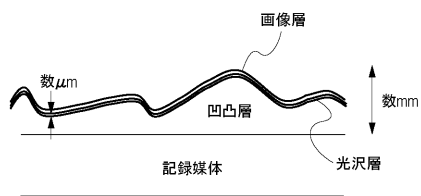
【図 3】



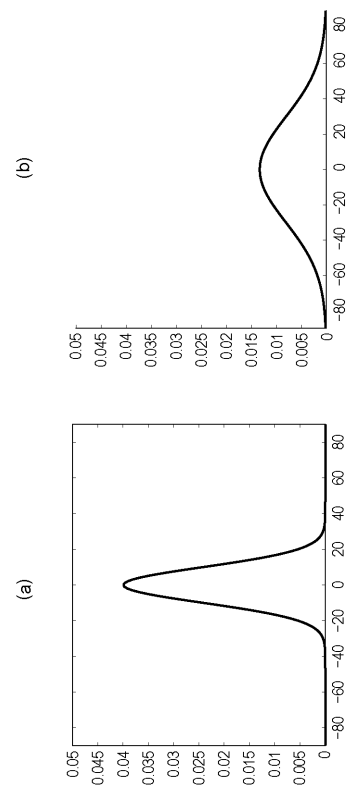
【図 4】



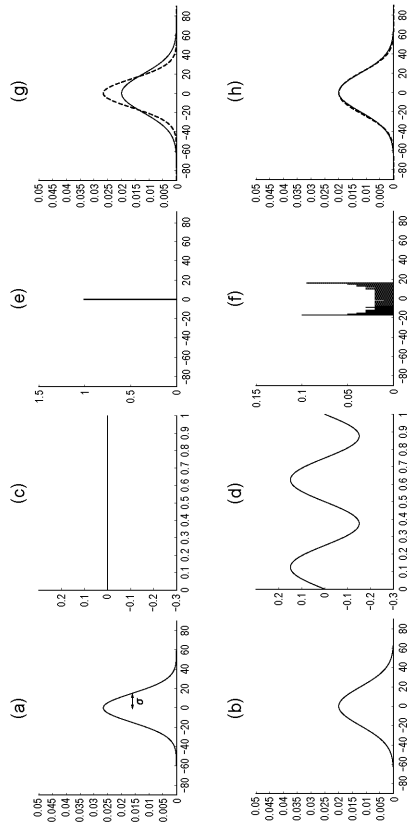
【図 5】



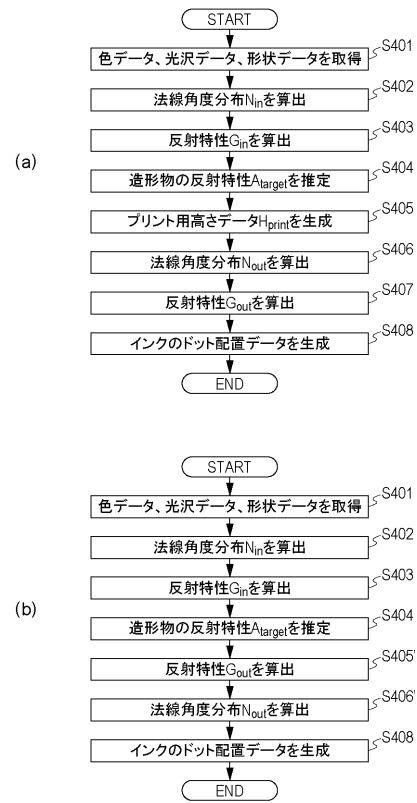
【図 6】



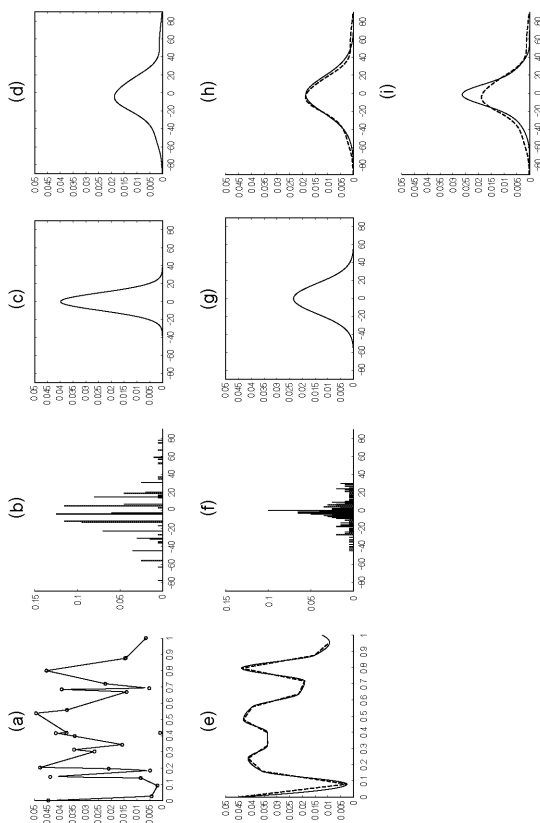
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.			F I			テーマコード (参考)
B 4 1 J	2/01	(2006.01)	B 4 1 J	2/01	1 0 9	
			B 4 1 J	2/01	4 5 1	
			B 4 1 J	2/01	1 2 9	
			B 4 1 J	2/01	1 2 5	