

(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2010-141830

(P2010-141830A)

(43) 公開日 平成22年6月24日 (2010.6.24)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H04N 1/46 (2006.01)	H04N 1/46 Z	5B021
G06F 3/12 (2006.01)	G06F 3/12 L	5B057
H04N 1/60 (2006.01)	G06F 3/12 C	5C077
G06T 1/00 (2006.01)	H04N 1/40 D	5C079
	G06T 1/00 510	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2008-318754 (P2008-318754)
 (22) 出願日 平成20年12月15日 (2008.12.15)

(71) 出願人 000002369
 セイコーエプソン株式会社
 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
 (74) 代理人 100096703
 弁理士 横井 俊之
 (72) 発明者 伊藤 隆志
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
 Fターム(参考) 5B021 CC05 LG07 LG08
 5B057 AA11 CA01 CA08 CA12 CA16
 CB01 CB08 CB12 CB16 CE18
 CH07
 5C077 LL18 LL19 MM27 MP08 PP33
 PP36 PP37 PQ12 PQ23

最終頁に続く

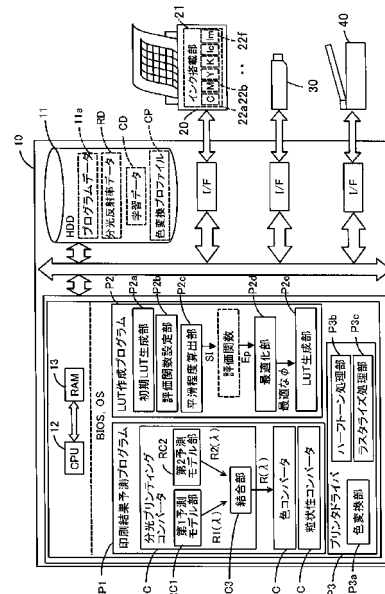
(54) 【発明の名称】 プロファイル作成方法、印刷制御方法、印刷制御装置、および、印刷装置

(57) 【要約】

【課題】 少ないカラーパッチの印刷／測定でも正確に印刷結果を予測し、プロファイルを作成する。

【解決手段】 印刷装置が所定の色材量セットを使用して印刷したときに記録媒体上において再現される分光反射率を互いに異なる第1予測モデルと第2予測モデルのそれぞれに基づいて予測し、双方の予測結果を総合することにより予測分光反射率を取得する。そして、予測分光反射率が再現された記録媒体に所定光源を照射したときの色彩値を取得し、前記色彩値と前記色材量セットとの対応関係を規定することによりプロファイルを作成する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

印刷装置が使用する複数の色材量の組み合わせである色材量セットについてのプロファイルを作成するプロファイル作成方法であって、

前記印刷装置が所定の前記色材量セットを使用して印刷したときに記録媒体上において再現される分光反射率を互いに異なる第 1 予測モデルと第 2 予測モデルのそれぞれに基づいて予測し、双方の予測結果を総合することにより予測分光反射率を取得し、

前記予測分光反射率が再現された前記記録媒体に所定光源を照射したときの色彩値を取得し、

前記色彩値と前記色材量セットとの対応関係を規定することにより前記プロファイルを作成することを特徴とするプロファイル作成方法。

10

【請求項 2】

前記第 1 予測モデルと前記第 2 予測モデルのいずれか一方はノイゲバウアモデルあることを特徴とする請求項 1 に記載のプロファイル作成方法。

【請求項 3】

前記第 1 予測モデルと前記第 2 予測モデルのいずれか一方はランバート・ベアモデルあることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 のいずれかに記載のプロファイル作成方法。

【請求項 4】

前記双方の予測結果を線形結合することにより前記予測分光反射率を取得することを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載のプロファイル作成方法。

20

【請求項 5】

前記線形結合における前記双方の予測結果の結合重みが波長の関数によって与えられることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載のプロファイル作成方法。

【請求項 6】

請求項 1 から請求項 5 のいずれか一項に記載の前記プロファイル作成方法によって作成された前記プロファイルを参照することにより取得した前記色材量セットを使用して前記印刷装置に印刷を実行させることを特徴とする印刷制御方法。

【請求項 7】

請求項 1 から請求項 5 のいずれか一項に記載の前記プロファイル作成方法によって作成された前記プロファイルを参照することにより前記色材量セットを取得する色変換手段と

30

、

前記取得した前記色材量セットを使用して前記印刷装置に印刷を実行させる印刷制御手段とを具備することを特徴とする印刷制御装置。

【請求項 8】

請求項 1 から請求項 5 のいずれか一項に記載の前記プロファイル作成方法によって作成された前記プロファイルを参照することにより前記色材量セットを取得する色変換手段と

、

前記取得した前記色材量セットを使用して印刷を実行させる印刷手段とを具備することを特徴とする印刷装置。

【発明の詳細な説明】

40

【技術分野】

【0001】

本発明はプロファイル作成方法、印刷制御方法、印刷制御装置、および、印刷装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、印刷装置が印刷可能な色の一部についてのみ印刷と測色を行い、その測定結果に基づいて印刷装置が印刷可能な色全体についての測定結果を予測することが行われている。例えば、セル分割ユール・ニールセン分光ノイゲバウアモデルに基づいて、任意のインク量での分光反射率を予測する手法が提案されている。かかる構成においては、インク量

50

空間を分光反射率が既知のノード（インク量（被覆率）空間において均等に分布する格子点）によって囲まれた複数のセルに分割し、セルを構成する各ノードの分光反射率に基づいてセル内の任意のインク量の分光反射率を予測する。インク量空間において比較的近い位置に存在するノードの分光反射率に基づいて任意のインク量の分光反射率を予測することができるため、良好な予測精度を実現することができる。

【特許文献1】国際公開W O 2 0 0 5 / 0 4 3 8 8 4 号のパフレット

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

近年、家庭用プリンタの高画質化にともなって使用できるインクの種類が増加しており、上述したセル分割ユー・ニールセン分光ノイゲバウアモデルにおけるインク量空間も多次元化することとなっている。それとともに、上述したノードの個数は、インク種の増加に応じてべき乗的に増加することとなっている。また、良好な予測精度を確保するためにインク量空間におけるノードの密度を減少させることもできないため、大量のノードについてカラーパッチを印刷／測色（分光反射率の測定）をしなければならなくなっていた。大量のカラーパッチを印刷／測色するには、膨大な時間を要するため、例えば変換プロファイルの作成等の作業に要する期間が長期化するという問題があった。さらに、印刷後の経過時間によってインクの状態が変動するため、長期間にわたる測色においては経過時間の差に起因する測定ノイズが避けられないという問題も生じていた。

前記課題を解決するために、本発明は、少ないカラーパッチの印刷／測定でも正確に印刷結果を予測し、プロファイルを作成することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0004】

前記目的を達成するために、印刷装置が使用する複数の色材量の組み合わせである色材量セットについてのプロファイルを作成するにあたり、互いに異なる第1予測モデルと第2予測モデルを用意しておく。前記印刷装置が所定の前記色材量セットを使用して印刷したときに記録媒体上において再現される分光反射率を第1予測モデルと第2予測モデルのそれぞれに基づいて予測する。それにより得られた双方の予測結果を総合することにより予測分光反射率を取得する。さらに、前記予測分光反射率が再現された前記記録媒体に所定光源を照射したときの色彩値を取得する。前記色彩値と前記色材量セットとの対応関係を規定することにより前記プロファイルを作成する。

【0005】

前記分光反射率は、前記第1予測モデルと前記第2予測モデルのそれぞれに基づいて予測した予測結果を総合することにより得られるため、前記第1予測モデルと前記第2予測モデルが互いの予測精度の低下を補うことができる。これにより、前記第1予測モデルと前記第2予測モデルの単独の予測精度が多少悪くても、全体的には高精度の予測結果を得ることができる。従って、前記第1予測モデルと前記第2予測モデルのいずれかまたは双方を行うために必要なカラーパッチの印刷／測定数を減少させることができる。例えば、前記第1予測モデルと前記第2予測モデルのいずれか一方がノイゲバウアモデルである場合には、分光反射率を測定するためのカラーパッチの数を減少させることができる。

【0006】

また、前記第1予測モデルと前記第2予測モデルのいずれか一方にランバート・ベアモデルを採用してもよい。ランバート・ベアモデルにおいては、多数の種類のインクドットが重なり合った場合でも各インクドットの分光透過率を考慮した分光反射率予測を行うことができる。さらに、前記双方の予測結果を線形結合することにより前記予測分光反射率を取得するようにすれば、容易に前記双方の予測結果を総合することができる。また、線形結合における結合重みを容易に調整することも可能である。さらに、前記線形結合における前記双方の予測結果の結合重みが波長の関数によって与えられるようにしてもよい。このようにすることにより、前記第1予測モデルと前記第2予測モデルのどちらの予測結果を重視すべきかを波長ごとに調整することができる。

【0007】

なお、本発明の技術的思想は、方法のみならず、当該方法を実行するコンピュータ等のハードウェアや当該コンピュータにおける処理手順を規定したプログラムにおいても具現化することができることはいうまでもない。また、本発明の方法は、単体として存在するものに限られず、ある方法の一部として組み込まれる場合もある。例えば、本発明の手法によりプロファイル作成方法を一部に組み入れた印刷制御方法や画像処理方法においても本発明が実現できることはいうまでもない。さらに、本発明のプロファイル作成方法によって作成されたプロファイルを参照して色変換を行う印刷制御装置や印刷装置においても本発明の特徴が具現化されているといえることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

次に、本発明の実施の形態を以下の順序で説明する。

A. 各種コンバータおよびその準備：

A-1. 分光プリンティングモデルコンバータ：

A-2. 色コンバータ：

A-3. 粒状性コンバータ：

B. プロファイルの作成：

C. まとめと変形例：

【0009】

A. 各種コンバータおよびその準備

A-1. 分光プリンティングモデルコンバータ

図1は、コンピュータ10のハードウェア・ソフトウェアの構成を示すブロック図である。なお、コンピュータ10においては、印刷結果予測プログラムP1とLUT作成プログラムP2とプリンタドライバP3が実行されている。印刷結果予測プログラムP1とLUT作成プログラムP2とプリンタドライバP3は、コンピュータ10のハードウェア、および、コンピュータ10のハードウェアが読み込んで実行するソフトウェアによって実行されている。具体的には、コンピュータ10が備えるCPU12が、ハードディスクドライブ(HDD)11等に記憶されたプログラムデータ11aを読み込み、当該プログラムデータ11aをRAM13上に展開しながらプログラムデータ11aにしたがった演算を実行させる。そして、当該演算によって本発明の印刷装置としてのプリンタ20や分光反射率計30やスキャナ40といった外部機器を所定のインターフェースを介して制御することにより、印刷結果予測プログラムP1とLUT作成プログラムP2とプリンタドライバP3を構成する各種機能を実現する。

【0010】

図2は、本実施形態のプリンタ20の印刷方式を模式的に示している。同図において、プリンタ20は、CMYK1c1m(シアン、マゼンタ、イエロー、ブラック、ライトシアン、ライトマゼンタ)のインクごとに複数のノズル21a, 21a...を備えた印刷ヘッド21を備えており、ノズル21a, 21a...が吐出するCMYK1c1mのインクごとのインク量を上述したインク量セット $\phi(d_c, d_m, d_y, d_k, d_{1c}, d_{1m})$ によって指定された量とする制御が印刷制御データCDに基づいて行われる。各ノズル21a, 21a...が吐出したインク滴は印刷用紙上において微細なドットとなり、多数のドットの集まりによってインク量セット $\phi(d_c, d_m, d_y, d_k, d_{1c}, d_{1m})$ に応じたインク被覆率の印刷画像が印刷用紙上に形成されることとなる。本明細書において、インク量セット ϕ に基づいて印刷することは、インク量セット ϕ に応じたインク被覆率の画像が印刷用紙上に再現されることを意味する。本実施形態におけるプリンタ20はインクジェット方式のプリンタであるが、インクジェット方式の他にも種々のプリンタに対して本発明を適用可能である。なお、本実施形態において、各インク量 d_j は0~255の階調を有する8ビットで与えられるものとする。

【0011】

印刷結果予測プログラムP1は、大きく分光プリンティングモデルコンバータRCと色

10

20

30

40

50

コンバータ C C と粒状性コンバータ G C とから構成されており、分光プリンティングモデルコンバータ R C はさらに第 1 予測モデル部 R C 1 と第 2 予測モデル部 R C 2 と結合部 R C 3 とから構成されている。分光プリンティングモデルコンバータ R C は、任意のインク量セット ϕ を入力し、当該インク量セット ϕ をプリンタ 20 に指定して印刷を実行させた場合に印刷用紙上において再現される分光反射率 $R(\lambda)$ を算出する処理を行う。第 1 予測モデル部 R C 1 は、分光ノイゲバウアモデル(Spectral Neugebauer Model)に基づく分光反射率予測を行い、具体的には、下記の (1) 式に基づいて第 1 分光反射率 $R_1(\lambda)$ を算出する。

【数 1】

$$R_1(\lambda) = \sum a_i R_i(\lambda) \quad 10$$

$$= a_w R_w(\lambda) + a_c R_c(\lambda) + a_m R_m(\lambda) + a_y R_y(\lambda)$$

$$+ a_r R_r(\lambda) + a_g R_g(\lambda) + a_b R_b(\lambda) + a_k R_k(\lambda)$$

$$a_w = (1 - f_c)(1 - f_m)(1 - f_y) \quad (1)$$

$$a_c = f_c(1 - f_m)(1 - f_y)$$

$$a_m = (1 - f_c)f_m(1 - f_y)$$

$$a_y = (1 - f_c)(1 - f_m)f_y$$

$$a_r = (1 - f_c)f_m f_y$$

$$a_g = f_c(1 - f_m)f_y$$

$$a_b = f_c f_m(1 - f_y)$$

$$a_k = f_c f_m f_y$$

20

30

以下では、前記の (1) 式で表される分光ノイゲバウアモデル(Spectral Neugebauer Model)を説明する。なお、以下の説明では、説明の簡略化のため C M Y の 3 種類のインクを用いた場合のモデルについて説明するが、同様のモデルを本実施形態の C M Y K l c l m をはじめとする任意のインクセットを用いたモデルに拡張することは容易である。また、分光ノイゲバウアモデルについては、Color Res Appl 25, 4-19, 2000および R Balasubramanian, Optimization of the spectral Neugebauer model for printer characterization, J. Electronic Imaging 8(2), 156-166 (1999)を参照。

【0012】

図 3 は、分光ノイゲバウアモデルを示す図である。分光ノイゲバウアモデルでは、任意のインク量セット $\phi = (d_c, d_m, d_y)$ で印刷したときの印刷物の分光反射率 $R(\lambda)$ は、前記の (1) 式で与えられる。ここで、 a_i は図示した矩形領域の i 番目の領域の面積率であり、 $R_i(\lambda)$ は i 番目の領域が有する頂点の分光反射率である。添え字 i は、インクの無い領域 (w) と、シアンインクのための領域 (c) と、マゼンタインクのための領域 (m) と、イエローインクのための領域 (y) と、マゼンタインクとイエローインクが吐出される領域 (r) と、イエローインクとシアンインクが吐出される領域 (g) と、シアンインクとマゼンタインクが吐出される領域 (b) と、C M Y の 3 つのインクが吐出される領域 (k) をそれぞれ意味している。

【0013】

各頂点の分光反射率 R_i ($R_w, R_c, R_m, R_y, R_r, R_g, R_b, R_k$) は、それぞれプリンタ 20 に以下のようなインク量 d_j を指定して印刷したカラーパッチの分光反射率を

40

50

分光反射率計 30 によって実測することにより得られている。

$$R_w : (d_c, d_m, d_y) = (0, 0, 0)$$

$$R_c : (d_c, d_m, d_y) = (255, 0, 0)$$

$$R_m : (d_c, d_m, d_y) = (0, 255, 0)$$

$$R_y : (d_c, d_m, d_y) = (0, 0, 255)$$

$$R_r : (d_c, d_m, d_y) = (0, 255, 255)$$

$$R_g : (d_c, d_m, d_y) = (255, 0, 255)$$

$$R_b : (d_c, d_m, d_y) = (255, 255, 0)$$

$$R_k : (d_c, d_m, d_y) = (255, 255, 255)$$

各頂点の分光反射率 R_i は H D D 1 1 に分光反射率データ R D として記憶されており、第 1 予測モデル部 R C 1 が適宜読み出して使用する。C M Y の 3 種類のインクを用いた場合、8 頂点についての分光反射率 R_i を調査しておけばよく、測定すべきカラーパッチの数を抑えることができる。デューティ制限を無視すると、N 種類のインクの場合、 2^N 個のカラーパッチを印刷・測色すればよい。特に、 R_w は印刷用紙の紙白の分光反射率を意味する。

【0014】

なお、カラーパッチ（後述するグラデーションパッチも含む。）を印刷するにあたっては、所望のインク量セット ϕ を有する画素で充填された矩形領域（パッチ相当領域）が配列したインク量の画像データをプリンタドライバ P 3 に出力する。すると、プリンタドライバ P 3 は当該画像データに対してハーフトーン処理（ハーフトーン処理部 P 3 b）とラスタライズ処理（ラスタライズ処理部 P 3 c）を順次実行することにより印刷データを生成し、プリンタ 20 に対して印刷データを出力する。これにより、所望のインク量セット ϕ に基づくカラーパッチを印刷させることができる。 f_c 、 f_m 、 f_y は、C M Y 各インクを 1 種類のみ吐出したときにそのインクで覆われる面積の割合（「インク被覆率 (Ink are a coverage)」と呼ぶ）である。

【0015】

インク被覆率 f_c 、 f_m 、 f_y は、図 3 (B) に示すマーレイ・デービスモデルで与えられる。マーレイ・デービスモデルでは、例えばシアンインクのインク被覆率 f_c は、シアンのインク量 d_c の非線形関数であり、例えば 1 次元ルックアップテーブルによってインク量 d_c をインク被覆率 f_c に換算することができる。インク被覆率 f_c 、 f_m 、 f_y がインク量 d_c 、 d_m 、 d_y の非線形関数となる理由は、単位面積に少量のインクが吐出された場合にはインクが十分に広がるが、多量のインクが吐出された場合にはインクが重なり合うためにインクで覆われる面積があまり増加しないためである。他の種類の M Y インクについても同様である。

【0016】

まず分光反射率 $R(\lambda)$ を予測すべきインク量セット ϕ を取得すると、インク量セット ϕ をマーレイ・デービスモデルによってインク被覆率 f_c 、 f_m 、 f_y に変換する。インク被覆率 f_c 、 f_m 、 f_y が得られると、図 3 (A) に示す関係式より面積率 a_i を算出する。さらに、面積率 a_i 、および、H D D 1 1 の分光反射率データ R D から読み出した各頂点の分光反射率 R_i を前記の (1) 式に代入することにより、第 1 分光反射率 $R 1(\lambda)$ を算出する。

【0017】

一方、分光反射率 $R(\lambda)$ を予測すべきインク量セット ϕ は、第 2 予測モデル部 R C 2 にも入力され、第 2 予測モデル部 R C 2 も当該インク量セット ϕ についての分光反射率を独自に予測する。なお、第 2 予測モデル部 R C 2 が予測する分光反射率を第 2 分光反射率 $R 2(R)$ とする。第 2 分光反射率 $R 2(R)$ は下記の (2) 式によって算出される。

【数 2】

$$R2(\lambda) = R_w(\lambda) \exp \left(- \sum_j \alpha_j(\lambda) d_j \right) \quad (2)$$

前記の（２）式において、 α_j は各インクごとに設定される係数である。前記の（２）式は、単一インクの分光透過率の積によって複数のインクを混色した場合（複数のインクのインクドットを重ねた場合）の分光透過率を表すランバート・ベアモデルに基づくものである。前記の（２）式は、下記の（３）式のように展開することができる。

10

【数 3】

$$R2(\lambda) = R_w(\lambda) \prod_j \exp(-\alpha_j(\lambda) d_j) \quad (3)$$

前記の（２）、（３）式においては、インクドットを一切形成しない場合の紙白の分光反射率 R_w に分光透過率を乗算することにより、第２分光反射率 $R2(R)$ が得られる。分光透過率は各インクのインク量 d_j と係数 α_j の乗算値による所定値（ $1/e$ ）のべき乗で表され、各インクについての分光透過率を互いに積算することにより全体の分光透過率が得られる。係数 α_j は、予備実験を行うことにより設定されている。例えば、各インク単色のグラデーションパッチ（インク量 d_j のグラデーション）の分光反射率を分光反射率計 30 によって測定しておき、前記の（２）式の計算値が測定した分光反射率にフィッティングするように係数 α_j を最適化すればよい。係数 α_j は HDD 11 に記憶されており、適宜読み出して使用される。

20

【0018】

以上説明したように、第１予測モデル部 RC1 と第２予測モデル部 RC2 は、それぞれ独立して第１分光反射率 $R1(\lambda)$ と第２分光反射率 $R2(\lambda)$ を算出する。結合部 RC3 は、第１分光反射率 $R1(\lambda)$ と第２分光反射率 $R2(\lambda)$ を取得し、これらを下記の（４）式によって線形結合することにより、最終的な予測結果（本発明の予測分光反射率。）となる分光反射率 $R(\lambda)$ を算出する。

30

【数 4】

$$R(\lambda) = r(\lambda) \times R1(\lambda) + (1 - r(\lambda)) \times R2(\lambda) \quad (4)$$

前記の（４）式において、 $r(\lambda)$ は第１分光反射率 $R1(\lambda)$ に対する重み係数を示している。すなわち、重み係数 $r(\lambda)$ は第１分光反射率 $R1(\lambda)$ をどの程度重視するかを調整する係数であり、波長 λ の関数である。例えば、重み係数 $r(\lambda)$ は、実際にインク量セット ϕ を指定して印刷したカラーパッチを測定した分光反射率 $R(\lambda)$ と、前記の（４）式の計算結果との差を極小化させるように重み係数 $r(\lambda)$ を最適化してもよい。

【0019】

40

以上説明したように、本実施形態においては、ノイゲバウアモデルとランバート・ベアモデルに基づく第１分光反射率 $R1(\lambda)$ と第２分光反射率 $R2(\lambda)$ を総合することにより、分光反射率 $R(\lambda)$ を予測する。従って、一方の予測モデルの予測精度が劣化するような場合にも、他方の予測モデルによる予測によって予測精度の劣化を抑制することができる。例えば、インクドットの重なりが生じるデューティ制限付近においては、マーレイ・デービスモデルを使用するノイゲバウアモデルに基づく第１分光反射率 $R1(\lambda)$ の予測精度の劣化を、インクドットの重なりをモデル化したランバート・ベアモデルに基づく第２分光反射率 $R2(\lambda)$ によって抑制することができる。

【0020】

A-2. 色コンバータ

50

図4は、色コンバータCCが分光反射率 $R(\lambda)$ に基づいて色を特定する処理を模式的に示している。同図において、分光プリンティングコンバータRCが前記の(4)式によって予測した分光反射率 $R(\lambda)$ の各波長 λ において所望の光源のスペクトルを乗算することにより、印刷物からの反射光のスペクトルを予測する。さらに、反射光のスペクトルに対して所望の観察条件での感度関数 $x(\lambda)$, $y(\lambda)$, $z(\lambda)$ を畳み込み、正規化をすることにより、三刺激値XYZを算出する。本実施形態においては、特に示さない限りCIE1931 2°観測者の観察条件で三刺激値XYZを算出するものとする。光源としては、CIE標準のD50光やD65光やF系光やA系光などを入力することができる。さらに、色コンバータCCは、三刺激値XYZにCIE標準の変換式を適用することにより、CIELAB表色系の $L^*a^*b^*$ 値を算出する。このように、分光プリンティングコンバータRCと色コンバータCCを順次使用することにより任意のインク量セットφにて印刷を行った場合の $L^*a^*b^*$ 値を得ることができる。

【0021】

さらに、色コンバータCCは、三刺激値XYZに対して色順応変換を行うことが可能となっている。例えば、D50光にて算出した三刺激値XYZにCIECAT02に基づく色順応変換式を適用することにより、例えばD50光の下での色の見えを、D65光の対応色で表現した $L^*a^*b^*$ 値に変換することができる。なお、CIECAT02については、例えば"The CIECAM02 Color Appearance Model", Nathan Moroney et al., IS&T/SID Tenth Color Imaging Conference, pp.23-27, および、"The performance of CIECAM02", Changjun Li et al., IS&T/SID Tenth Color Imaging Conference, pp.28-31に記載されている。ただし、色順応変換としては、フォン・クリースの色順応予測式などの他の任意の色順応変換を用いることも可能である。この色順応変換によって得られた $L^*a^*b^*$ 値を $CV_{L1 \rightarrow Ls}$ と表記するものとする。この下付き文字「 $L1 \rightarrow Ls$ 」は、光源 $L1$ の下での色の見えを、標準光源 Ls の対応色で表現した $L^*a^*b^*$ 値であることを意味している。色コンバータCCは、少なくとも2以上の比較用光源 $L1$, $L2$ の下での見えを、標準光源 Ls の対応色で表現した色彩値 $CV_{L1 \rightarrow Ls}$, $CV_{L2 \rightarrow Ls}$ を求めるとともに、これらに基づいて色恒常性指数CIIを算出する。色恒常性指数CIIは、例えば下記の式(5)によって算出することができる。

【数5】

$$CII = \left[\left(\frac{\Delta L^*}{2S_L} \right)^2 + \left(\frac{\Delta C^*_{ab}}{2S_C} \right)^2 + \left(\frac{\Delta H^*_{ab}}{S_H} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (5)$$

【0022】

色恒常性指数CIIについては、Billmeyer and Saltzman's Principles of Color Technology, 3rd edition, John Wiley & Sons, Inc, 2000, p.129, p. 213-215を参照。なお、(5)式の右辺は、CIE1994年色差式において、明度と彩度の係数 k_L , k_C の値を2に設定し、色相の係数 k_H の値を1に設定した色差 $\Delta E^*_{94}(2:2)$ に相当する。CIE1994年色差式では、(5)式の右辺の分母の係数 S_L , S_C , S_H は以下の(6)式で与えられる。

【数6】

$$\begin{aligned} S_L &= 1 \\ S_C &= 1 + 0.045C^*_{ab} \\ S_H &= 1 + 0.015C^*_{ab} \end{aligned} \quad (6)$$

【0023】

なお、色恒常性指数 $C I I$ の算出に使用する色差式としては、他の式を用いることも可能である。色恒常性指数 $C I I$ は、あるカラーパッチを第 1 と第 2 の異なる観察条件下で観察したときの色の見えの差として定義されている。従って、印刷したときに色恒常性指数 $C I I$ が小さくなるインク量セットは、異なる観察条件での色の見えの差が小さいという点で好ましい。また、色彩値 $C V_{L1 \rightarrow Ls}$ 、 $C V_{L2 \rightarrow Ls}$ は、同一の標準観察条件におけるそれぞれの対応色の測色値なので、それらの色差である色恒常性指数 $C I I$ は色の見えの違いをかなり正確に表現する値となる。次に、粒状性コンバータ $G C$ およびその準備について説明する。

【0024】

A-3. 粒状性コンバータ

図 5 は、粒状性コンバータ準備処理の流れを示している。本実施形態において粒状性コンバータ $G C$ はニューラルネットワークによって実現され、ここでは当該ニューラルネットワークを準備する処理（粒状性コンバータ準備処理）を説明する。ステップ $S 200$ においては、粒状性評価用インク量セット ϕ を多数 (N 個) 準備する。粒状性評価用インク量セット ϕ は、インク量空間に均等に存在する格子点上のものを準備してもよいし、実際に粒状性評価用インク量セット ϕ にて印刷を行った場合の測色色空間において均等に存在するものを準備してもよい。さらに、無彩色や記憶色等の特定の色域において重点的に準備するようにし、粒状性低下の要求が比較的大きい色域の粒状性の予測を正確に行うようにしてもよい。粒状性評価用インク量セット ϕ が準備できるとステップ $S 210$ にて粒状性評価用インク量セット ϕ に基づいてカラーパッチをプリンタ 20 にて印刷させる。

【0025】

ステップ $S 215$ においては、カラーパッチをスキャナ 40 によってスキャンする。ここでは、プリンタ 20 がカラーパッチを印刷したときの解像度よりも高解像度でスキャンを行う。このようにすることにより、各カラーパッチにおけるインクドットの分布状態を詳細に把握することが可能な画像データを得ることができる。ステップ $S 220$ においては、スキャンした画像データを印刷媒体上における明度 L^* 分布の画像データ $L(x, y)$ に変換する (x, y は印刷媒体上における横および縦の座標を意味し、 x, y で特定される画素をサブ画素と表記するものとする。)。次のステップ $S 225$ から粒状性指数 $G I$ を算出する処理を開始する。粒状性指数 $G I$ は、ある印刷物を観察者が視認したときに、その観察者が感じる粒状感（あるいはノイズの程度）であり、粒状性指数 $G I$ が小さい程、観察者が感じる粒状感は小さくなる。本実施例では、粒状性指数 $G I$ が以下の (6) 式で定義されるものとする。

【数 7】

$$G I = a_L \int \sqrt{W S(u)} V T F(u) d u \quad (7)$$

$G I$ については、例えば、Makoto Fujino, Image Quality Evaluation of Inkjet Prints, Japan Hardcopy '99, p.291-294 を参照。なお、(7) 式の a_L は明度補正項、 $W S(u)$ は画像のウィナースペクトラム、 $V T F$ は視覚の空間周波数特性、 u は空間周波数である。

【0026】

図 6 は、粒状性指数 $G I$ を算出する様子を説明している。本実施形態において、粒状性指数 $G I$ は印刷画像の粒状性を画像の明度の空間周波数 (cycle/mm) 特性で評価する。そのために、まず図 6 の左端に示す明度のサブ画素平面における空間分布 $L(x, y)$ に対して $F F T$ (Fast Fourier Transformation) を実施する (ステップ $S 230$)。図 6 においては得られた空間周波数のスペクトルを $S(u, v)$ として示している。なお、スペクトル $S(u, v)$ は実部 $R e(u, v)$ と虚部 $I m(u, v)$ とからなり、 $S(u, v) = R e(u, v) + j I m(u, v)$ である。このスペクトル $S(u, v)$ は上述したウィナースペクトラムに相当する。

【0027】

ここで、 (u, v) は (x, y) の逆空間の次元を持つが、本実施例において (x, y) は座標として定義され、実際の長さの次元に対応させるにはスキャナ 40 のスキャン解像度等を考慮しなければならない。従って、 $S(u, v)$ を空間周波数の次元で評価する場合も次元の変換が必要である。そこで、まず、座標 (u, v) に対応した空間周波数の大きさ $f(u, v)$ を算出する。すなわち、主走査方向の最低周波数 e_u は X 解像度 $\div 25.4$ 、副走査方向の最低周波数 e_v は Y 解像度 $\div 25.4$ と定義される。なお、 X 解像度、 Y 解像度はスキャナ 40 がスキャンした際の解像度である。なお、ここでは 1 インチを 25.4 mm としている。各走査方向の最低周波数 e_u, e_v が算出されれば、任意の座標 (u, v) における空間周波数の大きさ $f(u, v)$ は $((e_u \cdot u)^2 + (e_v \cdot v)^2)^{1/2}$ として算出することが可能になる。

10

【0028】

一方、人間の目は、空間周波数の大きさ $f(u, v)$ に応じて明度に対する感度が異なり、当該視覚の空間周波数特性は、例えば、図 6 の中央下部に示す $VT F(f)$ のような特性である。この図 6 における $VT F(f)$ は $VT F(f) = 5.05 \times \exp(-0.138 \cdot d \cdot \pi \cdot f / 180) \times (1 - \exp(-0.1 \cdot d \cdot \pi \cdot f / 180))$ である。なお、ここで d は印刷物と目の距離であり f は前記空間周波数の大きさである。この f は上述した (u, v) の関数として表現されているので、視覚の空間周波数特性 $VT F$ は (u, v) の関数 $VT F(u, v)$ とすることができる。

【0029】

上述のスペクトル $S(u, v)$ に対してこの $VT F(u, v)$ を乗じれば、視覚の空間周波数特性を考慮した状態でスペクトル $S(u, v)$ を評価することができる。また、この評価を積分すればサブ画素平面全体について空間周波数を評価することができる。そこで、本実施例においては、ステップ S 235 ~ S 255 の処理で積分までの処理を行っており、まず、 (u, v) を双方とも “0” に初期化し（ステップ S 235）、ある座標 (u, v) での空間周波数 $f(u, v)$ を算出する（ステップ S 240）。また、この空間周波数 f における $VT F$ を算出する（ステップ S 245）。

20

【0030】

$VT F$ が得られたら、当該 $VT F$ の 2 乗とスペクトル $S(u, v)$ の 2 乗とを乗じ、積分結果を代入するための変数 Pow との和を算出する（ステップ S 250）。すなわち、スペクトル $S(u, v)$ は実部 $Re(u, v)$ と虚部 $Im(u, v)$ とを含むので、その大きさを評価するため、まず、 $VT F$ の 2 乗とスペクトル $S(u, v)$ の 2 乗とによって積分を行う。そして、座標 (u, v) のすべてについて以上の処理を実施したか否かを判別し（ステップ S 255）、全座標 (u, v) について処理を終了したと判別されなければ、未処理の座標 (u, v) を抽出してステップ S 240 以降の処理を繰り返す。なお、 $VT F$ は図 6 に示すように空間周波数の大きさが大きくなると急激に小さくなってほぼ “0” となるので、座標 (u, v) の値域を予め所定の値以下に制限することにより必要十分な範囲で計算を行うことができる。

30

【0031】

積分が終了したら、 $Pow^{1/2}$ / 全画素数を算出する（ステップ S 260）。すなわち、変数 Pow の平方根によって前記スペクトル $S(u, v)$ の大きさの次元に戻すとともに、全画素数で除して規格化する。この規格化により、入力画像の画素数に依存しない客観的な指数（図 6 の Int ）を算出している。本実施形態においては、さらに、印刷物全体の明度による影響を考慮した補正を行って粒状性指数 GI としている。すなわち、本実施形態においては、空間周波数のスペクトルが同じであっても印刷物全体が明るい場合と暗い場合とでは人間の目に異なった印象を与え、全体が明るい方が粒状性を感じやすいものとして補正を行う。このため、まず、全画素について明度 $L(x, y)$ を足し合わせ、全画素で除することにより、画像全体の明度の平均 Ave を算出する（ステップ S 265）。

40

【0032】

そして、画像全体の明るさによる補正係数 $a(L)$ を $a(L) = ((Ave + 16) /$

50

116)^{0.8}と定義し、この補正係数 $a(L)$ を算出(ステップS270)するとともに前記Intに乘じて粒状性指数GIとする(ステップS275)。なお、補正係数 $a(L)$ は、上述した明度補正項 a_L に相当する。以上の処理によって前記の(6)式を具体的に演算したこととなる。補正係数としては、明度の平均によって係数の値が増減する関数であればよく、他にも種々の関数を採用可能である。むろん、粒状性指数GIを評価する成分は明度成分に限られず、色相、彩度成分を考慮して空間周波数を評価してもよいし、色彩値として、明度成分、赤-緑成分、黄-青成分を算出し、それぞれをフーリエ変換した後、各色成分ごとに予め定義された視覚の空間周波数特性を乗じて粒状性指数GIを算出してもよい。

【0033】

以上説明したステップS205～S275の処理によって、粒状性評価用インク量セットに応じて実際に印刷したカラーパッチの粒状性が粒状性指数GIとして定量化できたこととなる。ステップS280においては、各粒状性評価用インク量セットと粒状性指数GIとの対応関係をHDD11に学習データCDとして記憶する。ステップS290においては、任意のインク量セットにて印刷を行った場合の粒状性指数GIを予測するニューラルネットワークNNGを学習データCDによる学習によって作成する処理を行う。

【0034】

図7は、ステップS290にて学習させたニューラルネットワークNNGを示している。同図において、各インクのインク量 $d_c, d_m, d_y, d_k, d_{lc}, d_{lm}$ がニューラルネットワークNNGの入力層に入力可能となっており、出力層では粒状生成数GIを出力することが可能となっている。このような、ニューラルネットワークNNGが準備できれば、任意のインク量セット $\phi = (d_c, d_m, d_y, d_k, d_{lc}, d_{lm})$ を粒状生成数GIにコンバートすることができる。ニューラルネットワークNNGの学習データCDによる学習は、例えばバックプロパゲーション法によって行うことができる。なお、本実施形態の粒状性コンバータGCはニューラルネットワークNNGを使用して、任意のインク量セット ϕ を粒状生成数GIにコンバートすることができればよく、ニューラルネットワークNNGを演算するのに必要なデータがHDD11に記憶されていればよい。従って、上述した粒状性コンバータ準備処理は、同一のコンピュータ10によって実行される必要はなく、予め別のコンピュータによってニューラルネットワークNNGが準備されていてもよい。

【0035】

B. プロファイルの作成

以上においては、印刷結果予測部プログラムP1を構成する各種コンバータRC, CC, GCおよびその準備について説明したが、以下においては各種コンバータRC, CC, GCを利用して、本発明のプロファイルとしてのルックアップテーブルを作成し、当該作成したルックアップテーブルを用いて色変換を実行するプロファイル作成装置および印刷制御装置について説明する。具体的には、コンピュータ10にて実行されるLUT作成プログラムP2とプリンタドライバP3がプロファイル作成装置および印刷制御装置を具現化する。なお、ルックアップテーブルは、LUTと略記する場合もある。

【0036】

図8は、LUT作成プログラムP2の構成を詳細に示している。LUT作成プログラムP2は、初期LUT生成部P2aと評価関数設定部P2bと平滑程度算出部P2cと最適化部P2dとLUT生成部P2eとから構成されている。以下、各モジュールP2a～P2dが実行するプロファイル作成処理の詳細をフローに基づいて説明する。

【0037】

図9は、プロファイル作成処理の流れを示している。ステップS400においては、初期のインクプロファイルIPを作成する。なお、インクプロファイルIPは、絶対色空間であるCIELAB色空間($L^*a^*b^*$ 空間)とインク量空間であるCMYKlclm空間($d_c d_m d_y d_k d_{lc} d_{lm}$ 空間)との対応関係を複数の代表的な格子点について規定したLUTである。初期のインクプロファイルIPの作成においては、例えば上述した有効領域のなかから 17^3 組のランダムなインク量セット $\phi = (d_c, d_m, d_y, d_k, d_{lc}, d_{lm})$

m) を生成する。この 17^3 組のインク量セットは、本発明の LUT 用インク量セットの初期値であり、後述する処理によって最適化されていく。なお、初期の LUT 用インク量セットは、最終的に最適化されるため、初期の段階においてどのように生成してもよい。

【0038】

次に、ステップ S410 にて、評価関数設定部 P2b が評価関数を設定する。すなわち、後述する最適化の指針を設定する。インクプロファイル IP は、絶対色空間である CIELAB 色空間とインク量空間との対応関係を有限数の格子点について規定するものであるため、将来的に補間処理によって格子点以外の対応関係が予測されることとなる。一般に、各色空間で整然と並んでいる格子点の方がその間に位置する色を補間演算によって算出する際に空間の局所的位置によって補間精度を大きく変動させることなく補間を行うことができる。従って、本実施形態における最適化の指針として格子点配置を CIELAB 色空間にて平滑化する指標を採用することで、インクプロファイル IP の作成時および作成後の色変換時に高精度に補間演算を実施することが可能になる。この結果、トーンジャンプの発生を抑え、滑らかに階調が変化する印刷物を得ることが可能なインクプロファイル IP を作成することが可能になる。

【0039】

また、インクプロファイル IP においては、できるだけ広い色再現性を実現するためにプリンタ 20 が当該インクセット (CMYKlclm) にて再現可能な色再現ガマットの全体について格子点が分布すべきである。従って、本実施形態における最適化の指針として色再現ガマットを CIELAB 色空間にて確保する指標を採用することで、広い色再現性を実現可能なインクプロファイル IP を実現することができる。以上の指針によって、格子点の CIELAB 色空間における最適な分布を指定することができる。

【0040】

ところが、CIELAB 色空間において最適な格子点を定めたとしても、インクプロファイル IP にて当該格子点に対応するインク量セット $\phi = (d_c, d_m, d_y, d_k, d_{lc}, d_{lm})$ を一意に定めることができない。インクプロファイル IP は、絶対色空間である CIELAB 色空間とインク量空間である CMYKlclm 空間との対応関係を規定したものであるが、CIELAB 色空間と CMYKlclm 空間の対応関係は一義的な関係にあるものではないからである。すなわち、CIELAB 色空間にて一の $L^*a^*b^*$ 値を定めたとしても、ある光源下で当該 $L^*a^*b^*$ 値が再現可能な印刷結果を実現するインク量セット ϕ を一意に定めることはできない。例えば、K インクと CMY インクは分版可能な関係にあるため、ある光源において分版比率を変更しても同一の $L^*a^*b^*$ を再現することができる。C インクと lc インクや M インクと lm インクの関係についても同様である。

【0041】

従って、CIELAB 色空間において最適な格子点を定めると同時に、当該格子点に対応するインク量セット ϕ も最適化させていく必要がある。例えば、K インクと CMY インクとの分版比率は CIELAB 色空間における $L^*a^*b^*$ 値を定めても一意に定めることができないが、ハイライト領域において濃い K インクを発生させると粒状性が目立つこととなる。従って、粒状性の改善を最適化の指針とすれば、ハイライト領域の $L^*a^*b^*$ 値に対しては $d_k = 0$ となるインク量セット ϕ に最適化させることができる。逆に、K インクと CMY インクとの分版比率は CIELAB 色空間における $L^*a^*b^*$ 値を定めても一意に定めることができないが、分光反射率がフラットでない CMY インクによるコンポジットグレーを多用すれば、色の光源依存性が問題となる。そのため、色恒常性の改善を最適化の指針としても、インクプロファイル IP の格子点を最適化すべきである。さらに、インク量セット ϕ の大きさを全体的に小さくする指針を適用すれば、インクのランニングコストの面で最適なインクプロファイル IP を作成することができる。

【0042】

以上のように、最適なインクプロファイル IP を作成するためには様々な要素を考慮して格子点の最適化を行なうのが好ましく、すべての要素を考慮して最適な分版規則を設定することは困難である。従って、本実施形態では、これらの要素を同時に評価することが

可能な評価関数 E_p を上述した指針に基づいて設定する（ステップ S 4 1 0）。具体的には、下記の（８）式により評価関数 E_p （ $E_p(\phi)$ ）を設定する。また、評価関数 E_p を算出する際に使用する光源も設定する。

【数 8】

$$E_p(\phi) = \frac{w_1 GI(\phi)}{\max\{w_1 GI(\phi)\}} + \frac{w_2 CII(\phi)}{\max\{w_2 CII(\phi)\}} + \frac{w_3 SI(\phi)}{\max\{w_3 SI(\phi)\}} + w_4 \Delta E + \frac{w_5 \sum_{i=1}^N d_i}{T_{Duty} * 256} \quad (8)$$

前記の（８）式において、評価関数 E_p は５個の項を $w_1 \sim w_5$ の重み係数によって加算した値であり、各項がそれぞれ上述した格子点を選択する指針に基づいて設定されている。（８）式の第１項は、上述した粒状性コンバータ GC（ニューラルネットワーク NNG）によって得られる粒状性指数 GI を最大値で除算することによって正規化し、所定の重み係数 w_1 を乗算したものとなっている。なお、評価関数 E_p の添え字 p （ $p = 1 \sim 17^3$ ）は注目する格子点の識別符号を示している。粒状性指数 GI は小さい方が良好な画質となるため、（８）式の第１項が小さくなるほど最適であるといえる。

【0043】

（８）式の第２項は、色コンバータ CC によって得られる色恒常性指数 CII を最大値で除算することによって正規化し、所定の重み係数 w_2 を乗算したものとなっている。色恒常性指数 CII は、任意のインク量セット ϕ を分光プリンティングモデルコンバータ RC に入力することにより得られる分光反射率 $R(\lambda)$ をさらに色コンバータ CC によって変換することにより得られるものであり、インク量セット ϕ の関数であるといえることができる。分光プリンティングモデルコンバータ RC における分光反射率 $R(\lambda)$ の予測においては、ノイゲバウアモデルとランバート・ベアモデルの双方が考慮されているといえる。（８）式の第３項は、平滑程度算出部 P2c によって得られる平滑程度評価指数 SI を最大値で除算することによって正規化し、所定の重み係数 w_3 を乗算したものとなっている。色恒常性指数 CII は小さい方が良好な画質となるため、（８）式の第２項が小さくなるほど最適であるといえる。なお、色コンバータ CC が色恒常性指数 CII を算出する光源はステップ S 4 1 0 にて設定されている。例えば、比較用の光源 L1, L2 を D50 光, F11 光として標準光源 Ls を D65 光と設定されている。

【0044】

図 10 は、平滑程度評価指数 SI を模式的に説明している。同図において、○は CIELAB 空間における複数の格子点の位置を示し、●は当該格子点のうち注目する格子点（評価関数 E_p の算出対象の格子点）を示している。注目する格子点の位置ベクトルを L_p とし、当該格子点に隣接する６個の格子点の位置ベクトルを $L_{a1} \sim L_{a6}$ とすると、平滑程度評価指数 SI は下記の（９）式によって表される。

【数 9】

$$SI = \left| \left(\overrightarrow{L_{a1}} - \overrightarrow{L_p} \right) + \left(\overrightarrow{L_{a2}} - \overrightarrow{L_p} \right) + \left(\overrightarrow{L_{a3}} - \overrightarrow{L_p} \right) + \left(\overrightarrow{L_{a4}} - \overrightarrow{L_p} \right) + \left(\overrightarrow{L_{a5}} - \overrightarrow{L_p} \right) + \left(\overrightarrow{L_{a6}} - \overrightarrow{L_p} \right) \right| \quad (9)$$

平滑程度評価指数 $S I$ は、注目する格子点から互いに逆向きのベクトルの距離が等しく、方向が正反対に近いほど値が小さくなるようにしてある。

【0045】

図10(B)に示すように、隣接する格子点を結ぶ線（ベクトル L_{a1} ～ベクトル L_p ～ベクトル L_{a2} が示す格子点を通る線等）が直線に近く、また格子点が均等に配置されるほど $C I E L A B$ 色空間における格子点の配置が平滑化される傾向にあるので、(9)式に示す平滑程度評価指数 $S I$ が小さくなればなるほど、平滑程度が高くなるということができる。 $C I E L A B$ 色空間における $L^* a^* b^*$ 値は、インク量セット $\phi = (d_c, d_m, d_y, d_k, d_{lc}, d_{lm})$ を分光プリンティングモデルコンバータ $R C$ と色コンバータ $C C$ によって順次変換することにより得ることができる。色コンバータ $C C$ が $L^* a^* b^*$ 値を算出する光源はステップ $S 410$ にて標準光源 $L s$ として設定された $D 65$ 光を使用する。従って、前記の(17)式において $C I E L A B$ 色空間における位置ベクトルで特定される平滑程度評価指数 $S I$ はインク量セット ϕ の関数であるということができる。平滑程度評価指数 $S I$ は小さい方が高い補間精度が期待できるため、(8)式の第3項が小さくなるほど最適であるといえる。次に、(8)式の第4項は、注目する格子点の位置ベクトル L_p と特定の色に近いかなを示している。

【0046】

図11は、プリンタ20の色再現ガマットを $C I E L A B$ 色空間において示している。同図に示すように、プリンタ20の色再現ガマットは予めプリンタ20のハードウェア仕様やインクセットによって定められており、この範囲において色を再現することができる。従って、インクプロファイル $I P$ の格子点を $C I E L A B$ 色空間において色再現ガマットの全体に存在させる必要がある。そのために、一部の格子点については、色再現ガマットの外面上や稜線上や頂点に拘束する必要がある。色再現ガマットの外面上や稜線上や頂点が満たす色と格子点の色差 ΔE を(8)式の第4項として加えて最適化を行うことによって、色再現ガマット全体に格子点を存在させることができる。なお、(8)式の第4項も、 $C I E L A B$ 色空間における位置ベクトルで特定されるため、インク量セット ϕ の関数であるということができる。色再現ガマットの最外色と同じ色を示す格子点が含まれるほど、最大限広い色再現性を実現することができるため、(8)式の第4項が小さくなるほど最適であるといえる。

【0047】

(8)式の第5項は、インク量セット ϕ の合計値を正規化したものである。これにより、インクのトータルの消費量を加味した評価関数 E_p により格子点の最適化を行うことができる。(8)式の第5項も、インク量セット ϕ に依存し、インク量セット ϕ の関数であるということができる。なお、(8)式における T_{Duty} は記録媒体に付着可能なインク量の制限に対応した値である。インク量は少ないほどランニングコストが良好となるため、(8)式の第5項が小さくなるほど最適であるといえる。

【0048】

以上説明したように評価関数 E_p を構成するすべての項は、インク量セット ϕ の関数によって表されているとともに、小さくなるほど格子点が最適となる。従って、ステップ $S 400$ においては、適当に初期の格子点を定めたに過ぎないため、各格子点に注目して評価関数 E_p を算出しても、評価関数 E_p は小さい値とならない。従って、ステップ $S 420$ においては評価関数 E_p を極小化させるように最適化部 $P 2d$ が各格子点の最適化を行う。どの項を重視して最適化を行うかは、上述した重み係数 $w_1 \sim w_5$ によって決定づけられる。従って、インクプロファイル $I P$ の作成にあたり、どの項目を重視すべきかを設定し、それに基づいて重み係数 $w_1 \sim w_5$ を設定するのが望ましい。例えば、画質を犠牲にしてもランニングコストのよいインクプロファイル $I P$ を作成したいのであれば重み係数 w_5 を大きく設定すべきである。また、色再現ガマットの外面に位置すべき格子点に対しては重み係数 w_4 を大きくして、外面への拘束を強めるのが望ましい。

【0049】

具体的にステップ S 4 2 0 においては、各格子点について評価関数 E_p を極小化させるインク量セット ϕ を順次算出していく。例えば、インク量空間における初期のインク量セットの位置から局所的にインク量セットを移動させ、その際に評価関数 E_p を極小化させるインク量セットを各格子点について算出していく。これにより、インク量空間における格子点の位置が評価関数 E_p を極小化させる方向に修正されたこととなる。さらに、修正後の位置から同様に局所的にインク量セットを移動させ、その際に評価関数 E_p を極小化させるインク量セットを各格子点について算出していく。以上のような処理を繰り返し（例えば 2 0 0 回）実行することにより、最終的には各格子点についての評価関数 E_p が極めて小さくなる格子点に最適化することができる。なお、以上の処理を規定回数行うことをもって格子点の最適化を完了させてもよいし、評価関数 E_p の値が所定の閾値を下回ることをもって格子点の最適化を完了させてもよい。

10

【0050】

この最適化処理においては順次更新されるインク量セット ϕ について評価関数 E_p を算出することが必要となるが、その際に、上述した各コンバータ R C, C C, G C および平滑程度算出部 P 2 c を利用することによって、逐次、各インク量セット ϕ に対応する分光反射率 $R(\lambda)$ や粒状性指数 G I や色恒常性指数 C I I や平滑程度評価指数 S I が算出されることとなる。以上の最適化によれば、評価関数 E_p によって粒状性や色恒常性やランニングコストに優れるインク量セット ϕ の格子点が得られると同時に、当該格子点の C I E L A B 色空間における分布も最適なものとなる。式 (8) の第 3 項および第 4 項にて C I E L A B 色空間における評価も評価関数 E_p の一部に取り入れているからである。本実施形態では、C I E L A B 色空間における格子点の最適化とインク量空間における格子点の最適化を同時に行うことができるため、処理の効率がよい。なお、本実施形態において、特開 2 0 0 6 - 1 9 7 0 8 0 号公報に開示された格子点の最適化の手法を適用することもできる。この場合、インク量空間にて評価関数 E_p を 0 とする方向の仮想的な力を各格子点に作用させ、当該力によってインク量空間における格子点の位置を定常状態に収束させればよい。

20

【0051】

以上のようにして各格子点が最適化されると、ステップ S 4 3 0 にて最適化された格子点のインク量セット ϕ に対応した $L^* a^* b^*$ 値を分光プリンティングモデルコンバータ R C および色コンバータ C C (D 6 5 光) によって算出する。そして、互いに対応する $L^* a^* b^*$ 値とインク量セット ϕ との対応関係を記述したインクプロファイル I P を L U T 生成部 P 2 e が作成する。

30

【0052】

ステップ S 4 4 0 においては、インクプロファイル I P に基づいて色変換プロファイル C P を作成する。色変換プロファイル C P は、例えば s R G B 色空間で各画素の色が表された画像データをプリンタ 2 0 におけるインク量空間の画像データに変換する L U T である。s R G B 色空間は C I E 標準に基づいて C I E L A B 色空間との対応関係 (s R G B プロファイル S P) が定められているため、インクプロファイル I P に規定された各格子点の $L^* a^* b^*$ 値によって s R G B 色空間の R G B 値とインク量セット ϕ との対応関係を特定し、L U T 化することができる。その際に、補間処理が行われるが上述した最適化によってインクプロファイル I P が規定する格子点の C I E L A B 色空間における分布が平滑化されているため、高い補間精度を実現することができる。

40

【0053】

s R G B プロファイル S P についても上述した平滑程度評価指数 S I による最適化を行っておくことが望ましい (特開 2 0 0 6 - 1 9 7 0 8 0 号公報、参照。)。なお、C I E L A B 色空間における s R G B 色空間のガンマットとプリンタ 2 0 の色再現ガンマットが異なるため、適宜ガンマットマッピングが行われる。なお、ここではインクプロファイル I P にさらに別の絶対色空間である s R G B 色空間を結合するものを例に挙げたが、入力デバイスに依存した機器依存のソース色空間と、インクプロファイル I P とを結合させたデバイスリンクプロファイルを作成するようにしてもよい。色変換プロファイル C P が作成でき

50

ると、以降はプリンタドライバ P 3 の色変換部 P 3 a が色変換プロファイル C P を参照して補間処理を行うことにより、s R G B 色空間で各画素の色が表された印刷画像データをインク量セット ϕ の画像データに変換することができる。さらに、ハーフトーン処理部 P 3 b とラスタライズ処理部 P 3 c がインク量セット ϕ の画像データに対して誤差拡散法やディザ法といったハーフトーン処理とラスタライズ処理を順次実行することにより、印刷データを生成することができる。生成した印刷データをプリンタ 2 0 に出力することにより、前記印刷画像データに基づく印刷を実行させることができる。

【0054】

C. まとめと変形例：

以上説明したように、本発明においては、ノイゲバウアモデルとランバート・ベアモデルに基づく第 1 分光反射率 $R_1(\lambda)$ と第 2 分光反射率 $R_2(\lambda)$ を総合することにより、分光反射率 $R(\lambda)$ を予測している。従って、一方の予測モデルの予測精度が劣化するような場合にも、他方の予測モデルによる予測によって予測精度の劣化を抑制することができる。例えば、インクドットの重なりが生じるデューティ制限付近においては、マーレイ・デービスモデルを使用するノイゲバウアモデルに基づく第 1 分光反射率 $R_1(\lambda)$ の予測精度の劣化を、インクドットの重なりをモデル化したランバート・ベアモデルに基づく第 2 分光反射率 $R_2(\lambda)$ によって抑制することができる。また、ノイゲバウアモデルの精度をランバート・ベアモデルによって補うことができるため、ノイゲバウアモデル単独の予測精度が多少低くても許容することができ、従来のようにセル分割を行わなくても済む。すなわち、分割セルの各頂点（ノード）について予め分光反射率データ R D を用意しておかなくても済むため、ノイゲバウアモデルのために測定すべきカラーパッチの数を減少させることができる。以上においては、印刷結果予測プログラム P 1 と L U T 作成プログラム P 2 とプリンタドライバ P 3 が単一のコンピュータ 1 0 にて実行されるようにしたが、これらが別のコンピュータにおいて実行されてもよい。さらに、いわゆるダイレクトプリンタにおいてプリンタドライバ P 3 と同等の機能を実行するようにしてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0055】

【図 1】コンピュータの構成を示すブロック図である。

【図 2】印刷方式を説明する模式図である。

【図 3】分光ノイゲバウアモデルを示す図である。

【図 4】分光反射率から色を特定する様子を示す図である。

【図 5】粒状性コンバータ準備処理のフローチャートである。

【図 6】粒状性指数 G I を算出する処理を示す図である。

【図 7】ニューラルネットワークを説明する図である。

【図 8】L U T 作成プログラムの構成を示すブロック図である。

【図 9】プロファイル作成処理のフローチャートである。

【図 10】平滑程度評価指数を説明する図である。

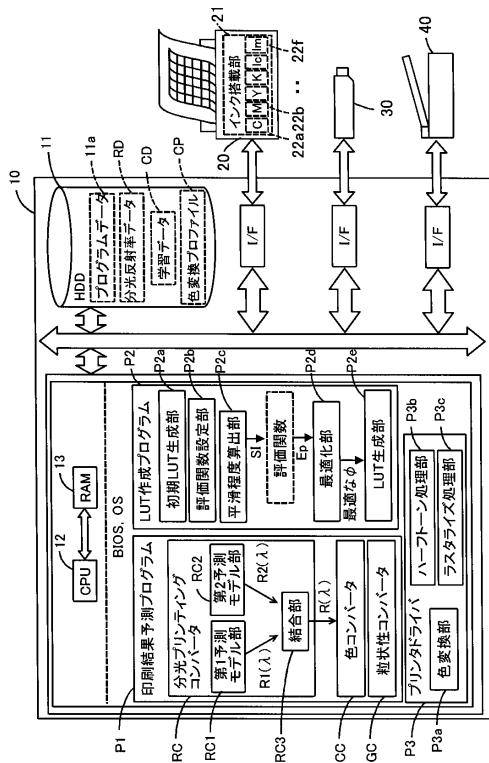
【図 11】プリンタの色再現ガマットを示すグラフである。

【符号の説明】

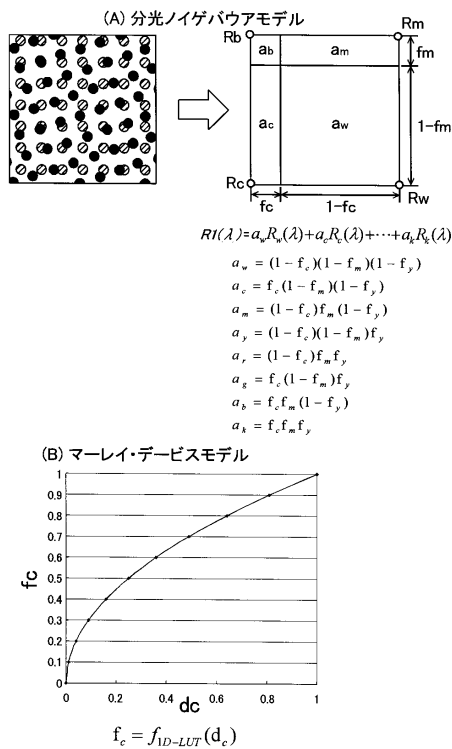
【0056】

1 0 … コンピュータ、1 1 … H D D、1 2 … C P U、2 0 … プリンタ、3 0 … 分光反射率計、4 0 … スキャナ、R C … 分光プリンティングコンバータ、C C … 色コンバータ、G C … 粒状性コンバータ、R D … 分光反射率データ、C D … 学習データ。

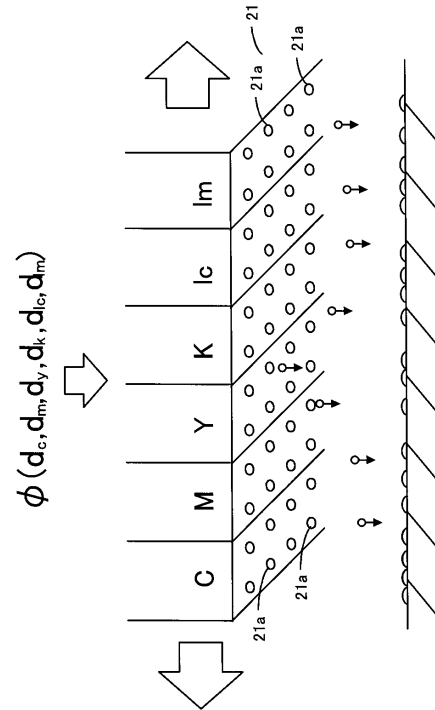
【図 1】



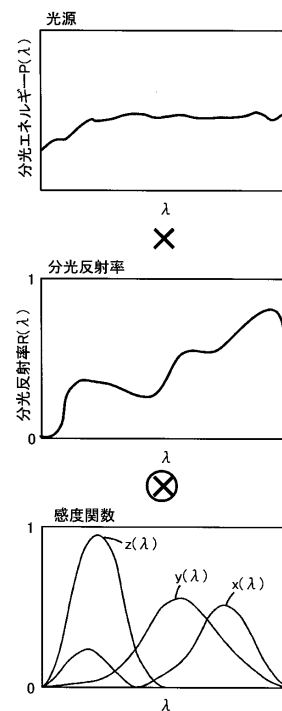
【図 3】



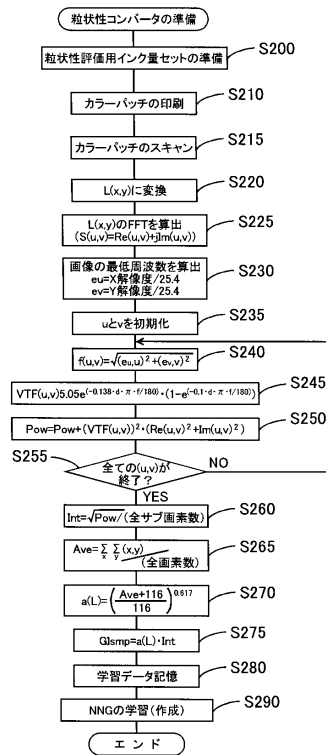
【図 2】



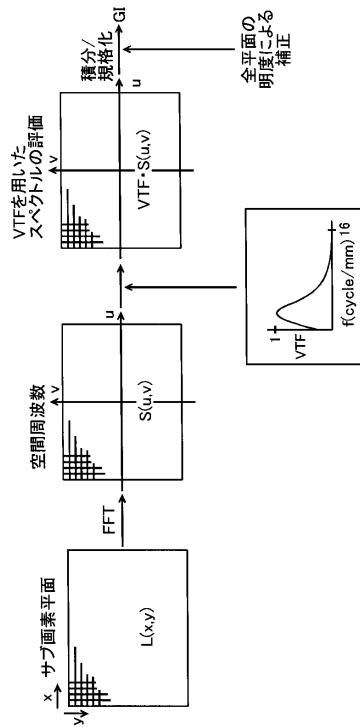
【図 4】



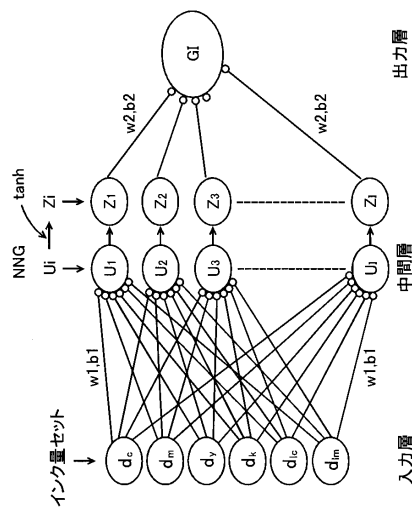
【図 5】



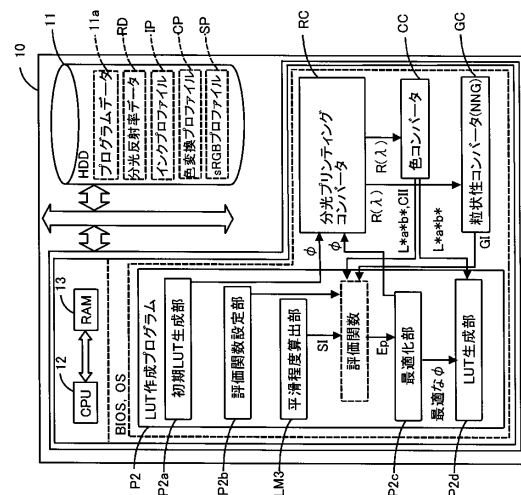
【図 6】



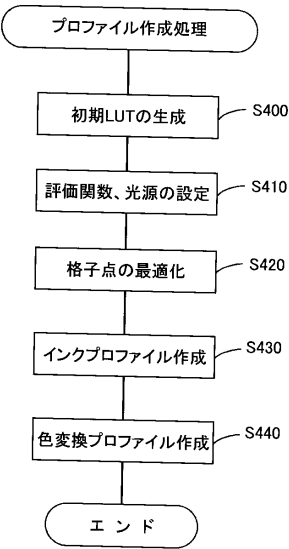
【図 7】



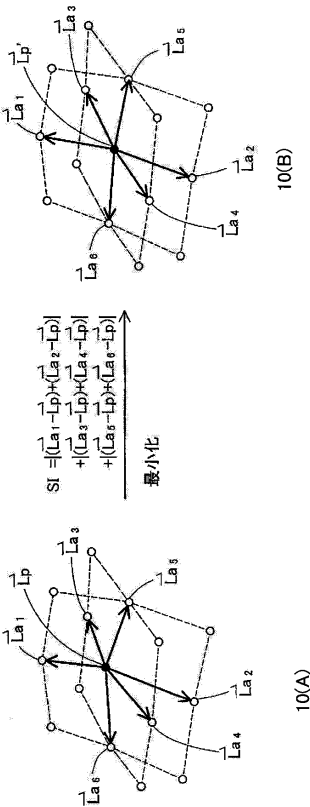
【図 8】



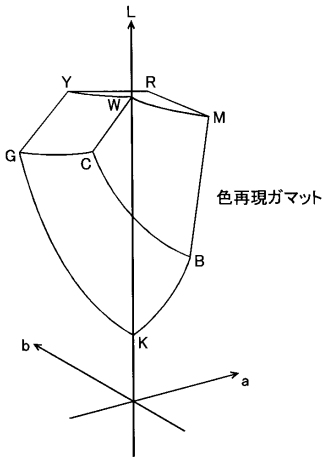
【 図 9 】



【 図 1 0 】



【 図 1 1 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5C079 HB03 HB08 HB11 JA12 LA02 LB01 LB06 MA04 MA10 MA11
NA03 NA11