

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5782785号
(P5782785)

(45) 発行日 平成27年9月24日 (2015. 9. 24)

(24) 登録日 平成27年7月31日 (2015. 7. 31)

(51) Int. Cl.		F I	
HO 4 N	1/46	(2006. 01)	HO 4 N 1/46 Z
HO 4 N	1/60	(2006. 01)	HO 4 N 1/40 D
GO 6 T	1/00	(2006. 01)	GO 6 T 1/00 5 1 O

請求項の数 10 (全 42 頁)

(21) 出願番号	特願2011-78934 (P2011-78934)	(73) 特許権者	000003193
(22) 出願日	平成23年3月31日 (2011. 3. 31)		凸版印刷株式会社
(65) 公開番号	特開2011-259411 (P2011-259411A)		東京都台東区台東 1 丁目 5 番 1 号
(43) 公開日	平成23年12月22日 (2011. 12. 22)	(74) 代理人	100139686
審査請求日	平成25年12月3日 (2013. 12. 3)		弁理士 鈴木 史朗
(31) 優先権主張番号	特願2010-110140 (P2010-110140)	(74) 代理人	100064908
(32) 優先日	平成22年5月12日 (2010. 5. 12)		弁理士 志賀 正武
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(74) 代理人	100108578
			弁理士 高橋 詔男
		(74) 代理人	100152146
			弁理士 伏見 俊介
		(72) 発明者	稲村 崇
			東京都台東区台東 1 丁目 5 番 1 号 凸版印刷株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 色予測装置、色予測方法、プログラム、テーブル作成装置、および、印刷システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

カラーマッチングにおいて印刷機が印刷する再現色を表わす予測反射率を算出する色予測装置において、

当該印刷機が印刷媒体に印刷した印刷部分から測定される印刷反射率に基づき分光光学濃度である印刷光学濃度をノイゲバウアモデルを用いて算出する光学濃度算出部と、

前記印刷光学濃度を用いて展開した、分光に拡張したノイゲバウアモデルに基づき前記再現色の印刷光学濃度を算出して、当該再現色の印刷光学濃度に基づき前記再現色を表わす第 1 予測反射率を算出する光学濃度予測部と、

を備えることを特徴とする色予測装置。

10

【請求項 2】

カラーマッチングにおいて印刷機が印刷する再現色を表わす予測反射率を算出する色予測装置において、

当該印刷機が印刷媒体に印刷した印刷部分の印刷反射率をケベルカ・ムンク式により算出し、当該印刷反射率に基づき印刷光学濃度を算出する光学濃度算出部と、

前記印刷光学濃度に基づき前記再現色の印刷光学濃度を算出して、当該再現色の印刷光学濃度に基づき前記再現色を表わす第 1 予測反射率を算出する光学濃度予測部と、

を備えることを特徴とする色予測装置。

【請求項 3】

前記印刷反射率に基づき前記再現色を表わす第 2 予測反射率を算出する反射率予測部と

20

、
前記第 1 予測反射率と前記第 2 予測反射率を混合して、前記再現色を表わす第 3 予測反射率を得る混合予測部と、

をさらに備えることを特徴とする請求項 1 あるいは 2 に記載の色予測装置。

【請求項 4】

前記印刷機が複数の色を重ねて印刷媒体に印刷した混合色から測定される多次色反射率に対して、前記光学濃度予測部が算出する前記混合色を表わす前記第 1 予測反射率と、前記反射率予測部が算出する前記混合色を表わす前記第 2 予測反射率とを混合して算出される前記第 3 予測反射率を近似させる重み係数を算出する重み係数算出部をさらに備え、

前記混合予測部は、

前記重み係数算出部によって算出された重み係数に応じた混合比で、前記第 1 予測反射率と前記第 2 予測反射率を混合することを特徴とする請求項 3 に記載の色予測装置。

【請求項 5】

前記色予測装置は、前記印刷機と接続されており、当該印刷機が備える光学素子によって測定された前記印刷反射率を入力することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の色予測装置。

【請求項 6】

カラーマッチングにおいて印刷機が印刷する再現色を表わす予測反射率を算出する色予測方法において、

当該印刷機が印刷媒体に印刷した印刷部分から測定される印刷反射率に基づき分光光学濃度である印刷光学濃度をノイゲバウアモデルを用いて算出する工程と、

前記印刷光学濃度を用いて展開した、分光に拡張したノイゲバウアモデルに基づき前記再現色の印刷光学濃度を算出して、当該再現色の印刷光学濃度に基づき前記再現色を表わす第 1 予測反射率を算出する工程と、

を備えることを特徴とする色予測方法。

【請求項 7】

カラーマッチングにおいて印刷機が印刷する再現色を表わす予測反射率を算出するコンピュータを、

当該印刷機が印刷媒体に印刷した印刷部分から測定される印刷反射率に基づき分光光学濃度である印刷光学濃度をノイゲバウアモデルを用いて算出する光学濃度算出手段、

前記印刷光学濃度を用いて展開した、分光に拡張したノイゲバウアモデルに基づき前記再現色の印刷光学濃度を算出して、当該再現色の印刷光学濃度に基づき前記再現色を表わす第 1 予測反射率を算出する光学濃度予測手段、

として機能させるためのプログラム。

【請求項 8】

上述の請求項 3 または 4 のいずれか一項に記載の色予測装置と、

実空間における被写体の反射率として推定される推定反射率を、前記被写体を含む画像に基づき、予め決められた階調値ごとに算出する反射率推定部と、

前記色予測装置によって算出される前記第 3 予測反射率と前記推定反射率との差分が予め決められている収束条件を満たしているか否かを判定し、当該収束条件を満たしている前記推定反射率と前記第 3 予測反射率を最適値として出力する最適化計算部と、

前記最適化計算部から最適値として入力する前記推定反射率の前記階調値と、前記最適化計算部から最適値として入力する前記第 3 予測反射率の網点面積率とを対応付けて階調値網点面積率テーブルに書き込む対応づけ部と、

をさらに備えることを特徴とするテーブル作成装置。

【請求項 9】

前記最適化計算部は、

前記収束条件を満たしていないと判定した場合、前記第 3 予測反射率を算出する際に設定される前記再現色を示す網点面積率を修正することを特徴とする請求項 8 に記載のテーブル作成装置。

10

20

30

40

50

【請求項 10】

上述の請求項 8 あるいは 9 に記載のテーブル作成装置と、
 前記被写体の画像を含む画像データを入力する画像入力装置と、
 前記階調値網点面積率テーブルを参照して、前記画像データの各画素の階調値と対応する網点面積率を出力する変換装置と、
 前記変換装置から入力する網点面積率に基づき前記被写体の画像を印刷する再現色出力装置と、
 を備えることを特徴とする印刷システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、印刷機が印刷する再現色のカラーマッチングにおいて、この再現色を予測する色予測装置、色予測方法、プログラム、テーブル作成装置、および、印刷システムに関する。

【背景技術】

【0002】

例えば、カラーマッチングにおいて面積変調により再現色を調整する場合、与えられた網点面積率で各色が印刷される部分の色を予測する方法として、例えば、ユール・ニールセン分光ノイゲバウアモデル (Y u l e - N i e l s e n S p e c t r a l N e u g e b a u e r M o d e l) を利用する方法 (例えば、特許文献 1 参照) や、分光拡張ノイゲバウアモデルを利用する方法 (例えば、非特許文献 1 参照) などの技術が知られている。

20

ここでいう「分光拡張ノイゲバウアモデル」とは、ノイゲバウア原色と網点面積率を波長の関数となるように分光に拡張したモデルであって、以下、反射率ベース色予測モデルという。このモデルを説明する為に、シアン (C)、マゼンタ (M)、イエロー (Y) の 3 色の一次色の原色に対して、網点を掛け合わせた際の分光反射率を予測する式をについて説明する。

【0003】

まず、マーレー・デービス (M u r r a y - D a v i e s) 式を逆に解く事によって得られる式 (1) に従って、原色の網点面積率に対する実効網点面積率が算出される。

30

【0004】

【数 1】

$$a_{eff,i}(\lambda) = \frac{R_{measure,i}(\lambda) - R_s(\lambda)}{R_{t,i}(\lambda) - R_s(\lambda)} \quad \cdots \text{式 (1)}$$

ただし

$a_{eff,i}(\lambda)$: 原色 i における実効網点面積率

40

$R_{measure,i}(\lambda)$: 原色 i の分光反射率

$R_{t,i}(\lambda)$: 原色 i ベタの分光反射率

$R_s(\lambda)$: 用紙の分光反射率

λ : 波長

【0005】

なお、原色 i の分光反射率 $R_{measure,i}(\quad)$ 、原色 i ベタの分光反射率 $R_{t,i}(\quad)$ 、用紙の分光反射率 $R_s(\quad)$ は、実測値である。

50

上記の式(1)により、与えられた原色の網点面積率の設定に対し、各原色の分光実効網点面積率が得られる。これらの実効網点面積率は、光学ドットゲインや機械ドットゲインが含まれたものであり、ユール・ニールセン分光ノイゲバウアモデルにおいて最適なn値を求めることに相当する。

なお、ここでいう「機械的ドットゲイン」とは、刷版や印刷機による印刷で網点が潰されて太ることによって発生する実効網点面積率の誤差であり、印刷特性等に応じて印刷機ごとに異なるものである。また、ここでいう「光学的ドットゲイン」とは、印刷媒体表面に浸透した色材(例えば、インクやトナー)が乱反射して起こすことによって発生する実効網点面積率の誤差であり、印刷媒体の特性に応じて異なるものである。

【0006】

10

次にノイゲバウア原色の分光網点面積率を次式(2)より算出する。

【0007】

【数2】

$$F_{a,c}(\lambda) = a_{eff,c}(\lambda)(1 - a_{eff,m}(\lambda))(1 - a_{eff,y}(\lambda))$$

$$F_{a,m}(\lambda) = (1 - a_{eff,c}(\lambda))a_{eff,m}(\lambda)(1 - a_{eff,y}(\lambda))$$

$$F_{a,y}(\lambda) = (1 - a_{eff,c}(\lambda))(1 - a_{eff,m}(\lambda))a_{eff,y}(\lambda)$$

$$F_{a,cm}(\lambda) = a_{eff,c}(\lambda)a_{eff,m}(\lambda)(1 - a_{eff,y}(\lambda))$$

$$F_{a,cy}(\lambda) = a_{eff,c}(\lambda)(1 - a_{eff,m}(\lambda))a_{eff,y}(\lambda)$$

$$F_{a,my}(\lambda) = (1 - a_{eff,c}(\lambda))a_{eff,m}(\lambda)a_{eff,y}(\lambda)$$

$$F_{a,cmy}(\lambda) = a_{eff,c}(\lambda)a_{eff,m}(\lambda)a_{eff,y}(\lambda)$$

$$F_{a,w}(\lambda) = (1 - a_{eff,c}(\lambda))(1 - a_{eff,m}(\lambda))(1 - a_{eff,y}(\lambda))$$

・・・式(2)

20

ただし

$a_{eff,c}(\lambda)$: シアン一次色の分光実効網点面積率

$a_{eff,m}(\lambda)$: マゼンター一次色の分光実効網点面積率

$a_{eff,y}(\lambda)$: イエロー一次色の分光実効網点面積率

$F_{a,l}(\lambda)$: ノイゲバウア原色 l の分光網点面積率

30

【0008】

上記式(2)により算出されたノイゲバウア原色の分光網点面積率を用いて、次の式(3)より予測分光反射率を求める。

40

【0009】

【数 3】

$$R(\lambda) = \sum_l F_{a,l}(\lambda) R_{t,l}(\lambda) \quad \cdots \text{式 (3)}$$

ただし

 $R_{t,l}(\lambda)$: ノイゲバウア原色 l ベタの分光反射率 $R(\lambda)$: 予測される分光反射率

10

【0010】

この予測分光反射率から観察光源を定めて、三刺激値 $X Y Z$ や $C I E L a b$ 値等を算出することで、再現色の予測が可能である。

このように、上述の分光拡張ノイゲバウアモデルにおいて、光学ドットゲインや機械ドットゲインが含まれた実効網点面積率を用いて分光反射率を予測することにより、各色材単色の階調においては、内部散乱（印刷媒体内部での光の散乱）などの光の振る舞いを考慮した補正を行うことができる。

【先行技術文献】

20

【特許文献】

【0011】

【特許文献1】特表2007-516663号公報

【特許文献2】特表2007-96793号公報

【特許文献3】特表2006-295709号公報

【非特許文献】

【0012】

【非特許文献1】日本印刷学会誌 第42巻第5号（2005）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0013】

しかしながら、複数の色材が重なり合う部分について、この色材同士が互いに影響し合うことにより、各色材の単層部分における内部散乱とは異なる現象が生じる。

このため、内部散乱のない、或いは内部散乱の少ない印刷媒体においては、上述の方法を用いても色予測の精度をある程度確保できるものの、印刷機の印刷性能や用紙によっては内部散乱が大きくなることもある。この場合、色予測の精度が低減するという問題があった。

また、複数の色材が重なり合う部分毎に、色材同士が互いに影響し合う内部散乱を考慮した分光反射率を予測すると、その計算式が複雑化するため、計算を行うデバイスにかかる処理負荷が増大し、処理速度が低下する等の問題もある。

40

【0014】

本発明は、このような事情を考慮し、上記の問題を解決すべくなされたものであって、その目的は、色予測の精度を高めるとともに、色予測の際のデバイスにかかる処理負荷を軽減することができる色予測装置、色予測方法、プログラム、テーブル作成装置、および、印刷システムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0015】

上記問題を解決するために、本発明に係る色予測装置は、カラーマッチングにおいて印刷機が印刷する再現色を表わす予測反射率を算出する色予測装置において、当該印刷機が印刷媒体に印刷した印刷部分から測定される印刷反射率に基づき分光光学濃度である印刷

50

光学濃度をノイゲバウアモデルを用いて算出する光学濃度算出部と、前記印刷光学濃度を用いて展開した、分光に拡張したノイゲバウアモデルに基づき前記再現色の印刷光学濃度を算出して、当該再現色の印刷光学濃度に基づき前記再現色を表わす第1予測反射率を算出する光学濃度予測部と、を備えることを特徴とする。

【0016】

また、上記問題を解決するために、本発明に係る色予測装置は、カラーマッチングにおいて印刷機が印刷する再現色を表わす予測反射率を算出する色予測装置であって、当該印刷機が印刷媒体に印刷した印刷部分の印刷反射率をケルカ・ムンク式により算出し、当該印刷反射率に基づき印刷光学濃度を算出する光学濃度算出部と、前記印刷光学濃度に基づき前記再現色の印刷光学濃度を算出して、当該再現色の印刷光学濃度に基づき前記再現色を表わす第1予測反射率を算出する光学濃度予測部と、を備えることを特徴とする。

10

【0017】

また、本発明は、上述の色予測装置において、前記印刷反射率に基づき前記再現色を表わす第2予測反射率を算出する反射率予測部と、前記第1予測反射率と前記第2予測反射率を混合して、前記再現色を表わす第3予測反射率を得る混合予測部と、をさらに備えることを特徴とする。

【0018】

また、本発明は、上述の色予測装置において、前記印刷機が複数の色を重ねて印刷媒体に印刷した混合色から測定される多次色反射率に対して、前記光学濃度予測部が算出する前記混合色を表わす前記第1予測反射率と、前記反射率予測部が算出する前記混合色を表わす前記第2予測反射率とを混合して算出される前記第3予測反射率を近似させる重み係数を算出する重み係数算出部をさらに備え、前記混合予測部は、前記重み係数算出部によって算出された重み係数に応じた混合比で、前記第1予測反射率と前記第2予測反射率を混合することを特徴とする。

20

【0020】

また、本発明は、上述の色予測装置が、前記印刷機と接続されており、当該印刷機が備える光学素子によって測定された前記印刷反射率を入力することを特徴とする。

【0021】

さらに、上記問題を解決するために、本発明に係る色予測方法は、カラーマッチングにおいて印刷機が印刷する再現色を表わす予測反射率を算出する色予測方法において、当該印刷機が印刷媒体に印刷した印刷部分から測定される印刷反射率に基づき分光光学濃度である印刷光学濃度をノイゲバウアモデルを用いて算出する工程と、前記印刷光学濃度を用いて展開した、分光に拡張したノイゲバウアモデルに基づき前記再現色の印刷光学濃度を算出して、当該再現色の印刷光学濃度に基づき前記再現色を表わす第1予測反射率を算出する工程と、を備えることを特徴とする。

30

【0022】

また、上記問題を解決するために、本発明に係るプログラムは、カラーマッチングにおいて印刷機が印刷する再現色を表わす予測反射率を算出するコンピュータを、当該印刷機が印刷媒体に印刷した印刷部分から測定される印刷反射率に基づき分光光学濃度である印刷光学濃度をノイゲバウアモデルを用いて算出する光学濃度算出手段、前記印刷光学濃度を用いて展開した、分光に拡張したノイゲバウアモデルに基づき前記再現色の印刷光学濃度を算出して、当該再現色の印刷光学濃度に基づき前記再現色を表わす第1予測反射率を算出する光学濃度予測手段、として機能させるためのプログラムプログラムであることを特徴とする。

40

【0023】

また、上記問題を解決するために、本発明に係るテーブル作成装置は、上述したいずれか一つの色予測装置と、実空間における被写体の反射率として推定される推定反射率を、前記被写体を含む画像に基づき、予め決められた階調値ごとに算出する反射率推定部と、前記色予測装置によって算出される前記第3予測反射率と前記推定反射率との差分が予め決められている収束条件を満たしているか否かを判定し、当該収束条件を満たしている前

50

記推定反射率と前記第3予測反射率を最適値として出力する最適化計算部と、前記最適化計算部から最適値として入力する前記推定反射率の前記階調値と、前記最適化計算部から最適値として入力する前記第3予測反射率の網点面積率とを対応付けて階調値網点面積率テーブルに書き込む対応づけ部と、をさらに備えることを特徴とする。

【0024】

また、本発明は、上述のテーブル作成装置において、前記最適化計算部が、前記収束条件を満たしていないと判定した場合、前記第3予測反射率を算出する際に設定される前記再現色を示す網点面積率を修正することを特徴とする。

【0025】

また、上記問題を解決するために、本発明に係る印刷システムは、上述したいずれか一つのテーブル作成装置と、前記被写体の画像を含む画像データを入力する画像入力装置と、前記階調値網点面積率テーブルを参照して、前記画像データの各画素の階調値と対応する網点面積率を出力する変換装置と、前記変換装置から入力する網点面積率に基づき前記被写体の画像を印刷する再現色出力装置と、を備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【0026】

本発明によれば、色予測の精度を高めるとともに、色予測の際のデバイスにかかる処理負荷を軽減することができる。

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図1】第1実施形態に係る色予測装置の一例を示すブロック図である。

【図2】第1実施形態に係る色予測装置における分光光学濃度算出分部について説明する図である。

【図3】第1実施形態に係る色予測装置における色予測方法の一例を示すフローチャートである。

【図4】本発明に係る色予測による効果を説明するための実験データの一例を示す図である。

【図5】第2実施形態に係る色予測装置の一例を示すブロック図である。

【図6】第2実施形態に係る色予測装置における重み係数決定方法の一例を示すフローチャートである。

【図7】第2実施形態に係る色予測装置における色予測方法の一例を示すフローチャートである。

【図8】第3実施形態に係る印刷システムの構成の一例を示す概略図である。

【図9】第3実施形態に係る印刷物分光反射率予測装置における分光光学濃度算出分部について説明する図である。

【図10】第3実施形態に係る印刷物分光反射率予測装置における分光光学濃度算出分部について説明する図である。

【図11】第3実施形態に係る印刷システムにおける階調値・網点面積率変換テーブルの作成方法の一例を示すフローチャートである。

【図12】第3実施形態に係る印刷システムにおける階調値・網点面積率変換テーブルを用いた印刷方法の一例を示すフローチャートである。

【図13】本発明に係る色予測による効果を説明するための実験データの他の例を示す図である。

【図14】本実施形態に係るテーブル作成装置によって作成される階調値・網点面積率変換テーブルの一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0028】

以下、本発明による一実施形態に係る色予測装置について、図面を参照して説明する。

この色予測装置は、印刷のためのカラーマッチングにおいて、印刷対象である入力画像データに表現されている色を印刷媒体（例えば、用紙）上に再現する再現色を表わす色予

10

20

30

40

50

測テーブル（例えば、ICCプロファイル）を作成するものである。この色予測装置によって作成される色予測テーブルは、例えば、印刷機やカラーデジタル校正機、あるいはカラーインクジェットプリンタやカラーレーザプリンタ等における印刷のためのカラーマッチングに利用されるものであって、面積変調により再現色を調整するカラーマッチングに用いる印刷に適している。

なお、本実施形態において、色予測装置は、印刷機能を実現する印刷部を備える構成を例に、以下説明するが、本発明はこれに限られず、印刷機に接続される構成、あるいは、印刷機が色予測装置を内蔵する構成であってもよい。

この場合、印刷機は、色予測装置による色予測処理の実行に際して、予め決められているカラーパッチを印刷し、当該カラーパッチから各色の分光反射率を光学素子で測定して、色予測装置に出力する。この色予測装置は、この測定された分光反射率に基づき、以下に説明する色予測処理を行い、色予測テーブルを作成する。

【0029】

[第1実施形態]

図1は、本実施形態に係る色予測装置100の構成の一例を示す概略図である。

図1に示す通り、色予測装置100は、入力部11と、分光反射率データベース12と、光学濃度算出部13と、分光光学濃度データベース14と、分光光学濃度予測部15と、色予測テーブル作成部16と、出力部17と、印刷部18と、測定部19を備える。

【0030】

入力部11は、例えば、外部のコンピュータ等と接続されており、各原色の任意の網点面積率の設定値を入力する。具体的にいうと、入力部11は、例えば色予測テーブル等を作成するために設定される網点設定値（例えば、複数段階の網点面積率 $Y_i\%$ を示す情報）と、カラーパッチを印刷するために設定される網点設定値（例えば、複数段階の網点面積率 $X_i\%$ を示す情報）とを入力する。

【0031】

分光反射率データベース12は、原色分光反射率領域121とノイゲバウア原色分光反射率領域122とを含む。

この分光反射率データベース12は、測定されたカラーパッチの各原色の分光反射率を格納する。ここでは、原色のカラーパッチとして、イエロー（Y）、マゼンタ（M）、シアン（C）の3色を用いる例について、以下説明する。また、カラーパッチには、少なくとも、複数段階の網点面積率 $X_i\%$ （ $i = C, M, Y$ ）で各原色（C, M, Y）を印刷するパッチ部分と、網点面積率100%のノイゲバウア原色1を印刷するパッチ部分とを含む。

この複数段階の網点面積率 $X_i\%$ で印刷されるパッチ部分は、各原色の一次色であって、カラーパッチを印刷するために設定される網点設定値であって、例えば5%間隔で設定される複数段階の網点面積率 $X_i\%$ において印刷される。また、ノイゲバウア原色1は、各原色の一次色（ $1 = C, M, Y$ ）、二次色（ $1 = CM, CY, MY$ ）、三次色（ $1 = CMY$ ）の8色と、下地色（ $1 = W$ ）である。

このカラーパッチは、入力部11から入力するカラーパッチを印刷するために設定される網点設定値が印刷部18に入力されることにより、印刷部18によって印刷される。

印刷部18は、例えば、オフセット印刷等の有版印刷を行い、RIP（Raster Image Processor）処理やCTP（Computer To Plate）処理を含めた一連の印刷処理を行う。

【0032】

原色分光反射率領域121は、例えば、原色 i （ $i = C, M, Y$ ）の分光反射率 $R_{measure, i}(\quad)$ 、原色 i （ $i = C, M, Y$ ）ベタの分光反射率 $R_{t, i}(\quad)$ 、および用紙の分光反射率 $R_s(\quad)$ を格納する。なお、原色 i （ $i = C, M, Y$ ）の分光反射率 $R_{measure, i}(\quad)$ は、カラーパッチを印刷するために設定される網点設定値に基づき、複数段階の網点面積率 $X_i\%$ で原色CMYの一次色（C, M, Y）を印刷部18が印刷したカラーパッチの分光反射率を測定した実測値である。また、原色 i （ $i =$

10

20

30

40

50

C, M, Y) ベタの分光反射率 $R_{t, i}(\quad)$ は、網点面積率 100% で原色 i の一次色 (C, M, Y) を印刷部 18 が印刷したカラーパッチの分光反射率を測定した実測値である。用紙の分光反射率 $R_s(\quad)$ は、何も印刷されていない用紙部分の分光反射率を測定した実測値である。この原色 i の分光反射率 $R_{\text{measure}, i}(\quad)$ 、原色 i ベタの分光反射率 $R_{t, i}(\quad)$ 、および用紙の分光反射率 $R_s(\quad)$ は、印刷部 18 によってカラーパッチが印刷された用紙から、例えば、測定部 19 が測定した分光反射率である。

この測定部 19 は、例えば、光学素子を備え、カラーパッチが印刷された用紙から分光反射率を測定し、測定した分光反射率を分光反射率データベース 12 に格納する。

【0033】

ノイゲバウア原色分光反射率領域 122 は、ノイゲバウア原色 l のベタの分光反射率 $R_{t, l}(\quad)$ を格納する。この分光反射率 $R_{t, l}(\quad)$ は、網点面積率 100% でノイゲバウア原色 l ($l = C, M, Y, CM, MY, YC, CMY, W$) を印刷部 18 が印刷したカラーパッチの分光反射率を測定した実測値である。このノイゲバウア原色 l ベタの分光反射率 $R_{t, l}(\quad)$ は、印刷部 18 によってカラーパッチ印刷された用紙から、例えば、測定部 19 が測定した分光反射率である。

【0034】

光学濃度算出部 13 は、図 2 (a) に示す通り、分光反射率データベース 12 の原色分光反射率領域 121 から分光反射率を読み出し、下の式 (4) に従って、この分光反射率に基づき分光光学濃度を算出し、分光光学濃度データベース 14 の原色分光光学濃度領域 141 に格納する。つまり、光学濃度算出部 13 は、原色 i の分光反射率 $R_{\text{measure}, i}(\quad)$ に基づき原色 i の光学濃度 $D_{\text{measure}, i}(\quad)$ を算出する。また、光学濃度算出部 13 は、原色 i ベタの分光反射率 $R_{t, i}(\quad)$ に基づき原色 i ベタの光学濃度 $D_{t, i}(\quad)$ を算出する。さらに、光学濃度算出部 13 は、用紙の分光反射率 $R_s(\quad)$ に基づき用紙の光学濃度 $D_s(\quad)$ を算出する。

なお、上述の通り、原色 i の分光反射率 $R_{\text{measure}, i}(\quad)$ は、カラーパッチが用紙に印刷される際の複数段階の網点面積率 $X_i\%$ に応じて、複数段階の網点面積率 $X_i\%$ に対応する分光反射率を含む。このため、原色 i の光学濃度 $D_{\text{measure}, i}(\quad)$ も、複数段階の網点面積率 $X_i\%$ に対応する分光光学濃度を含む。

また、光学濃度算出部 13 は、図 2 (b) に示す通り、分光反射率データベース 12 のノイゲバウア原色分光反射率領域 122 からノイゲバウア原色 l ベタの分光反射率 $R_{t, l}(\quad)$ を読み出し、下の式 (4) に従って、この分光反射率 $R_{t, l}(\quad)$ に基づきノイゲバウア原色 l ベタの分光光学濃度 $D_{t, l}(\quad)$ を算出し、分光光学濃度データベース 14 のノイゲバウア原色分光光学濃度領域 142 に格納する。

なお、分光反射率 $R(\quad)$ は、原色 i の分光反射率 $R_{\text{measure}, i}(\quad)$ 、原色 i ベタの分光反射率 $R_{t, i}(\quad)$ 、用紙の分光反射率 $R_s(\quad)$ 、ノイゲバウア原色 l ベタの分光反射率 $R_{t, l}(\quad)$ の総称である。また、分光光学濃度 $D(\quad)$ は、原色 i の光学濃度 $D_{\text{measure}, i}(\quad)$ 、原色 i ベタの光学濃度 $D_{t, i}(\quad)$ 、用紙の光学濃度 $D_s(\quad)$ 、ノイゲバウア原色 l ベタの分光光学濃度 $D_{t, l}(\quad)$ の総称である。

【0035】

【数 4】

$$D(\lambda) = -\ln(R(\lambda)) \quad \cdots \text{式 (4)}$$

【0036】

図 1 に戻って、色予測装置 100 の構成についての説明を続ける。

分光光学濃度データベース 14 は、原色分光光学濃度領域 141 とノイゲバウア原色分光光学濃度領域 142 を含む。

原色分光光学濃度領域 141 は、原色 i の光学濃度 $D_{\text{measure}, i}(\quad)$ と、原色 i ベタの光学濃度 $D_{t, i}(\quad)$ と、用紙の光学濃度 $D_s(\quad)$ を格納する。

ノイゲバウア原色分光光学濃度領域 1 4 2 は、ノイゲバウア原色 1 ベタの分光光学濃度 $D_{t,1}(\quad)$ を格納する。

【 0 0 3 7 】

分光光学濃度予測部 1 5 は、例えば、分光光学濃度を用いて展開した分光拡張ノイゲバウアモデル（以下、光学濃度ベース色予測モデル）であって、分光実効網点面積率算出部 1 5 1 と、ノイゲバウア原色分光網点面積率算出部 1 5 2 と、分光光学濃度算出部 1 5 3 と、分光反射率算出部 1 5 4 とを含む。

分光実効網点面積率算出部 1 5 1 は、分光光学濃度データベース 1 4 の原色分光光学濃度領域 1 4 1 を参照して、下に示す式（ 5 ）に従って、色予測テーブルを作成するために原色毎に設定される複数段階の網点面積率 $Y_i\%$ における実効網点面積率 $b_{eff,i}(\quad)$ { $i = C, M, Y$ } を原色 C M Y ごとに算出する。この分光実効網点面積率算出部 1 5 1 は、複数段階の網点面積率 $Y_i\%$ ごとに算出した実効網点面積率 $b_{eff,i}(\quad)$ { $i = C, M, Y$ } を、ノイゲバウア原色分光網点面積率算出部 1 5 2 に出力する。

なお、原色 i の光学濃度 $D_{measure,i}(\quad)$ は、上述の通り、複数段階の網点面積率 $X_i\%$ に対応する分光光学濃度を含む。よって、光学濃度 $D_{measure,i}(\quad)$ と実効網点面積率 $b_{eff,i}(\quad)$ における網点面積率 $X_i\%$ と $Y_i\%$ が一致しない場合、分光実効網点面積率算出部 1 5 1 は、近似曲線や線形補間等を用いて、不一致の部分を補間しつつ、実効網点面積率 $b_{eff,i}(\quad)$ を算出する。

【 0 0 3 8 】

【 数 5 】

$$b_{eff,i}(\lambda) = \frac{D_{measure,i}(\lambda) - D_s(\lambda)}{D_{t,i}(\lambda) - D_s(\lambda)} \quad \cdots \text{式 (5)}$$

ただし

$b_{eff,i}(\lambda)$: 原色 i における実効網点面積率

$D_{measure,i}(\lambda)$: 原色 i の光学濃度

$D_{t,i}(\lambda)$: 原色 i ベタの光学濃度

$D_s(\lambda)$: 用紙の光学濃度

λ : 波長

【 0 0 3 9 】

ノイゲバウア原色分光網点面積率算出部 1 5 2 は、分光実効網点面積率算出部 1 5 1 から入力される複数段階の網点面積率 $Y_i\%$ に対応する実効網点面積率 $b_{eff,i}(\quad)$ { $i = C, M, Y$ } に基づき、下に示す式（ 6 ）に従って、複数段階の網点面積率 $Y_i\%$ に対応するノイゲバウア原色の分光網点面積率 $F_{b,1}(\quad)$ を算出する。このノイゲバウア原色分光網点面積率算出部 1 5 2 は、算出した複数段階の網点面積率 $Y_i\%$ に対応するノイゲバウア原色の分光網点面積率 $F_{b,1}(\quad)$ を、分光光学濃度算出部 1 5 3 に出力する。

【 0 0 4 0 】

【数 6】

$$\begin{aligned}
 F_{b,c}(\lambda) &= b_{eff,c}(\lambda)(1-b_{eff,m}(\lambda))(1-b_{eff,y}(\lambda)) \\
 F_{b,m}(\lambda) &= (1-b_{eff,c}(\lambda))b_{eff,m}(\lambda)(1-b_{eff,y}(\lambda)) \\
 F_{b,y}(\lambda) &= (1-b_{eff,c}(\lambda))(1-b_{eff,m}(\lambda))b_{eff,y}(\lambda) \\
 F_{b,cm}(\lambda) &= b_{eff,c}(\lambda)b_{eff,m}(\lambda)(1-b_{eff,y}(\lambda)) \\
 F_{b,cy}(\lambda) &= b_{eff,c}(\lambda)(1-b_{eff,m}(\lambda))b_{eff,y}(\lambda) \\
 F_{b,my}(\lambda) &= (1-b_{eff,c}(\lambda))b_{eff,m}(\lambda)b_{eff,y}(\lambda) \\
 F_{b,cmY}(\lambda) &= b_{eff,c}(\lambda)b_{eff,m}(\lambda)b_{eff,y}(\lambda) \\
 F_{b,W}(\lambda) &= (1-b_{eff,c}(\lambda))(1-b_{eff,m}(\lambda))(1-b_{eff,y}(\lambda))
 \end{aligned}
 \quad \cdots \text{式 (6)}$$

10

ただし

 $b_{eff,c}(\lambda)$: シアン一次色の分光実効網点面積率

20

 $b_{eff,m}(\lambda)$: マゼンター一次色の分光実効網点面積率

 $b_{eff,y}(\lambda)$: イエロー一次色の分光実効網点面積率

 $F_{b,l}(\lambda)$: ノイゲバウア原色 l の分光網点面積率

【0041】

分光光学濃度算出部 153 は、ノイゲバウア原色分光網点面積率算出部 152 から入力される複数段階の網点面積率 Y_i % に対応するノイゲバウア原色の分光網点面積率 $F_{b,i}(\lambda)$ と、分光光学濃度データベース 14 のノイゲバウア原色分光光学濃度領域 142 から読み出したノイゲバウア原色 l ベタの分光光学濃度 $D_{t,l}(\lambda)$ に基づき、下に示す式 (7) に従って、予測分光光学濃度 $D(\lambda)$ を算出する。この分光光学濃度算出部 153 は、算出した予測分光光学濃度 $D(\lambda)$ を分光反射率算出部 154 に出力する。

30

【0042】

【数 7】

$$D(\lambda) = \sum_l F_{b,l}(\lambda) D_{t,l}(\lambda) \quad \cdots \text{式 (7)}$$

ただし

40

 $D_{t,l}(\lambda)$: ノイゲバウア原色 l ベタの分光光学濃度

 $D(\lambda)$: 予測される分光光学濃度

【0043】

分光反射率算出部 154 は、下に示す式 (8) に従って、分光光学濃度算出部 153 から入力される予測分光光学濃度 $D(\lambda)$ に基づき予測分光反射率 $R_D(\lambda)$ を算出する。この分光反射率算出部 154 は、予想分光反射率 $R_D(\lambda)$ を色予測テーブル作成部 16

50

に出力する。

【 0 0 4 4 】

【 数 8 】

$$R_D(\lambda) = \frac{1}{\exp(D(\lambda))} \quad \dots \text{式 (8)}$$

ただし

$R_D(\lambda)$: 予測される分光反射率

10

【 0 0 4 5 】

色予測テーブル作成部 16 は、この予想分光反射率 R_D () に基づき、観測光源を定めて、三刺激値 $X Y Z$ や $C I E L a b$ 値等を算出し、再現色の予測を行う色予測テーブルを作成するとともに、色予測テーブルを逆変換して色分解テーブルを作成する。つまり、この色予測テーブル作成部 16 は、色予測処理の対象である入力データ（本実施例では $C M Y$ 値）の情報と、予測分光反射率 R_D () に基づき予測される再現色を表現する再現色情報とを対応付ける色予測テーブルを作成する。また、この色予測テーブル作成部 16 は、色予測テーブルから、 $X Y Z$ や $C I E L a b$ 値等の入力値と、これを再現する印刷網点面積率（本実施例では $C M Y$ 値）の出力値とを対応付ける色分解テーブルを作成し、色予測テーブルとともに出力部 17 に出力する。

20

なお、本実施例においては、この色予測テーブルと色分解テーブルを公知の $I C C$ プロファイルフォーマットで作成し、出力する。

【 0 0 4 6 】

次に、図 3 を参照して、本実施形態に係る色予測装置 100 による色予測方法の一例について説明する。図 3 は、本実施形態に係る色予測装置 100 による色予測方法の一例を示すフローチャートである。

【 0 0 4 7 】

はじめに、色予測装置 100 は、以下の処理を実行しておく。

30

入力部 11 は、原色 i 毎に設定されるカラーパッチを印刷するための複数段階の網点面積率 X_i % を入力して、印刷部 18 に出力する。この印刷部 18 が、複数段階の網点面積率 X_i % で原色 (C, M, Y) を用紙に印刷とともに、網点面積率 100 % でノイゲバウア原色 ($C, M, Y, CM, MY, YC, CMY, W$) を用紙に印刷する。これにより、用紙には、色予測のためのカラーパッチが印刷される。

そして、測定部 19 が、光学素子を用いてカラーパッチが印刷された用紙からの反射光に基づき分光反射率を得る。この測定部 19 は、原色 i の分光反射率 $R_{\text{measure}, i}$ ()、原色 i ベタの分光反射率 $R_{t, i}$ ()、用紙の分光反射率 R_s ()、およびノイゲバウア原色 l ベタの分光反射率 $R_{t, l}$ () を測定する。そして、この測定部 19 は、原色 i の分光反射率 $R_{\text{measure}, i}$ ()、原色 i ベタの分光反射率 $R_{t, i}$ ()、および用紙の分光反射率 R_s () を分光反射率データベース 12 の原色分光反射率領域 121 に格納する。また、測定部 19 は、ノイゲバウア原色 l ベタの分光反射率 $R_{t, l}$ () を、ノイゲバウア原色分光反射率領域 122 に格納する。

40

【 0 0 4 8 】

そして、光学濃度算出部 13 は、分光反射率データベース 12 の原色分光反射率領域 121 から原色 i の分光反射率 $R_{\text{measure}, i}$ ()、原色 i ベタの分光反射率 $R_{t, i}$ ()、および用紙の分光反射率 R_s () を読み出し、式 (4) に従って、この分光反射率に基づき分光光学濃度を算出し、分光光学濃度データベース 14 の原色分光光学濃度領域 141 に、原色 i の光学濃度 $D_{\text{measure}, i}$ ()、原色 i ベタの光学濃度 $D_{t, i}$ ()、および用紙の光学濃度 D_s () を格納する。

50

また、光学濃度算出部 13 は、分光反射率データベース 12 のノイゲバウア原色分光反射率領域 122 からノイゲバウア原色 1 ベタの分光反射率 $R_{t, 1} ()$ を読み出し、式 (4) に従って、この分光反射率 $R_{t, 1} ()$ に基づきノイゲバウア原色 1 ベタの分光光学濃度 $D_{t, 1} ()$ を算出し、分光光学濃度データベース 14 のノイゲバウア原色分光光学濃度領域 142 に格納する。

これにより、原色分光光学濃度領域 141 には、原色 i の光学濃度 $D_{measure, i} ()$ 、原色 i ベタの光学濃度 $D_{t, i} ()$ 、および用紙の光学濃度 $D_s ()$ が格納され、かつ、ノイゲバウア原色分光光学濃度領域 142 には、ノイゲバウア原色 1 ベタの分光光学濃度 $D_{t, 1} ()$ が格納される。

【0049】

10

そして、入力部 11 は、図 3 に示す通り、色予測テーブルを作成するために設定される網点設定値（例えば、複数段階の網点面積率 $Y_i \%$ を示す情報）を入力し、分光光学濃度予測部 15 の分光実効網点面積率算出部 151 に出力する（ステップ ST1）。

分光実効網点面積率算出部 151 は、分光光学濃度データベース 14 の原色分光光学濃度領域 141 から原色 i の光学濃度 $D_{measure, i} ()$ 、原色 i ベタの光学濃度 $D_{t, i} ()$ 、および用紙の光学濃度 $D_s ()$ を読み出し、式 (5) に従って、原色 (C, M, Y) 毎に設定された複数段階の網点面積率 $Y_i \%$ における実効網点面積率 $b_{eff, i} ()$ を原色 CMY ごとに算出する（ステップ ST2）。

この分光実効網点面積率算出部 151 は、算出した複数段階の網点面積率 $Y_i \%$ に対応する実効網点面積率 $b_{eff, i} () \{ i = C, M, Y \}$ を、ノイゲバウア原色分光網点面積率算出部 152 に出力する。

20

【0050】

次いで、ノイゲバウア原色分光網点面積率算出部 152 は、分光実効網点面積率算出部 151 から入力される実効網点面積率 $b_{eff, i} () \{ i = C, M, Y \}$ に基づき、式 (6) に従って、複数段階の網点面積率 $Y_i \%$ に対応するノイゲバウア原色の分光網点面積率 $F_{b, 1} () \{ 1 = C, M, Y, CM, MY, YC, CMY, W \}$ を算出する（ステップ ST3）。

このノイゲバウア原色分光網点面積率算出部 152 は、算出したノイゲバウア原色の分光網点面積率 $F_{b, 1} () \{ 1 = C, M, Y, CM, MY, YC, CMY, W \}$ を、分光光学濃度算出部 153 に出力する。

30

【0051】

そして、分光光学濃度算出部 153 は、ノイゲバウア原色分光網点面積率算出部 152 から入力されるノイゲバウア原色の分光網点面積率 $F_{b, 1} () \{ 1 = C, M, Y, CM, MY, YC, CMY, W \}$ と、分光光学濃度データベース 14 のノイゲバウア原色分光光学濃度領域 142 から読み出したノイゲバウア原色 1 ベタの分光光学濃度 $D_{t, 1} () \{ 1 = C, M, Y, CM, MY, YC, CMY, W \}$ に基づき、式 (7) に従って、予測分光光学濃度 $D ()$ を算出する（ステップ ST4）。

この分光光学濃度算出部 153 は、算出した予測分光光学濃度 $D ()$ を分光反射率算出部 154 に出力する。

【0052】

40

次いで、分光反射率算出部 154 は、式 (8) に従って、分光光学濃度算出部 153 から入力される予測分光光学濃度 $D ()$ に基づき予測分光反射率 $R_D ()$ を算出する（ステップ ST5）。

この分光反射率算出部 154 は、算出した予想分光反射率 $R_D ()$ を色予測テーブル作成部 16 に出力する。

【0053】

そして、色予測テーブル作成部 16 は、この予想分光反射率 $R_D ()$ に基づき、再現色を表現する三刺激値 XYZ や CIE Lab 値等を算出し、色予測処理の対象である入力画像データにおける入力情報と、分光反射率 $R_D ()$ に基づき予測される再現色を表現する再現色情報とを対応付ける色予測テーブルを作成するとともに、色分解テーブルも作

50

成し、出力部 17 に出力する。

【0054】

上述の通り、色予測装置 100 は、測定された分光反射率に基づき分光光学濃度を算出する。この後、この分光光学濃度に基づき、分光光学濃度予測部 15 が、予測分光光学濃度を算出する。そして、分光光学濃度予測部 15 が、予測分光光学濃度に基づき分光反射率を算出することで、予測分光反射率を得る。

このように、光学濃度ベース色予測モデルである分光光学濃度予測部 15 を用いて色予測を行うことで、用紙や印刷装置の特性によっては、色予測の精度を高めることができる。

【0055】

ここで、本実施形態に係る色予測による効果について、図 4 を参照して具体的に説明する。

図 4 は、本実施形態の入力部 11 で設定された網点設定値に基づき、印刷部 18 によって印刷された色を測定部 19 で測定して得られた分光反射率と、入力部 11 で設定された網点設定値における再現を分光光学濃度予測部 15 によって予測した分光反射率の差 (RMSE) を示す図である。なお、図 4 は、この分光反射率の差 RMSE を、印刷による内部散乱の影響が異なる用紙 (コート紙 1、コート紙 2、銀蒸着用紙) ごとに示す。なお、この図 4 に示す値は、本発明に係る色予測装置 100 を用いて実験により得られたデータの一例である。

この実測と予測の分光反射率の差 RMSE は、分光的な色の違いを示す量である。なお、銀蒸着用紙は、コート紙 1 やコート紙 2 に比べて、印刷による内部散乱の影響が非常に小さい。なお、コート紙 1 とコート紙 2 は、一般的な印刷機の印刷に利用される用紙である。

【0056】

図 4 に示す通り、各用紙において得られる実測の分光反射率と、分光光学濃度予測部 15 によって予測される分光反射率の差 (RMSE) は、混合色予測モデルによるものがいずれの用紙においても少なくなっている。なお、分光光学濃度予測部 15 によって予測される分光反射率は、反射率ベース色予測モデル、光学濃度ベース色予測モデル、および混合色予測モデルをそれぞれ用いて分光光学濃度予測部 15 によって予測される分光反射率である。なお、反射率ベース色予測モデルや混合色予測モデルを用いる色予測は、後に説明する第 2 実施形態に係るものであって、詳細については後述する。

【0057】

反射率ベース色予測モデルと光学濃度ベース色予測モデルを比較すると、コート紙 1 やコート紙 2 においては、光学濃度ベース色予測モデルを用いた色予測の方が、反射率ベース色予測モデルを用いた色予測に比べて、その分光反射率の差 (RMSE) が小さい。

一方、銀蒸着用紙においては、反射率ベース色予測モデルを用いた色予測の方が、光学濃度ベース色予測モデルを用いた色予測に比べて、その分光反射率の差 (RMSE) が小さい。

つまり、銀蒸着用紙のように印刷による内部散乱の影響をほとんど受けない用紙の場合、反射率ベース色予測モデルを用いて色予測を行ってもその色予測の精度をある程度よくすることができる。一方、一般的な印刷用紙であるコート紙 1 やコート紙 2 では、銀蒸着用紙に比べて印刷による内部散乱の影響を大きく受けるため、色予測の精度が光学濃度ベース色予測モデルに比べて、反射率ベース色予測モデルの方が低くなることがわかる。

【0058】

従って、本実施形態のように、光学濃度ベース色予測モデルを用いて色予測を行うことで、用紙や印刷部 19 の特性によっては、色予測の精度を高めることができる。特に一般的な印刷用紙のように、印刷による内部散乱の影響を受ける用紙においては、光学濃度ベース色予測モデルを用いた色予測を行った方が、反射率ベース色予測モデルを用いて色予測を行うよりもその精度を高めることができるため、面積変調により再現色を調整する印刷機におけるカラーマッチングを精度良く行うことができる。

10

20

30

40

50

また、使用されるカラーパッチも、少なくとも、複数段階の網点面積率 X_i % で各原色 C, M, Y の一次色を印刷するパッチ部分と、網点面積率 100 % でノイゲバウア原色を印刷するパッチ部分を含むものであればよい。また、従来のように多次色で複数段階の網点面積率を表わす複雑な階調のカラーパッチを印刷しなくてもすむ。これにより、各階調に応じたカラーパッチの分光反射率を測定して、測定した分光反射率に基づき予測分光反射率を計算する等の複雑な処理が不要となり、色予測装置 100 に係る処理負荷を軽減し、処理速度を向上させることができる。

【0059】

[第2実施形態]

次に、図5～7を参照して、第2実施形態に係る色予測装置 200 および色予測方法について説明する。

10

図5は、本実施形態に係る色予測装置 200 の構成の一例を示す概略図である。

図5に示す通り、色予測装置 200 は、入力部 11 と、分光反射率データベース 12 と、光学濃度算出部 13 と、分光光学濃度データベース 14 と、分光光学濃度予測部 15 と、色予測テーブル作成部 16 と、出力部 17 と、印刷部 18 と、測定部 19 と、分光反射率予測部 21 と、多次色分光反射率データベース 22 と、重み係数算出部 23 と、混合予測部 24 を備える。なお、上述の色予測装置 100 と同様の構成については、同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

【0060】

分光反射率予測部 21 は、例えば、分光拡張ノイゲバウアモデルであって、分光実効網点面積率算出部 211 と、ノイゲバウア原色分光網点面積率算出部 212 と、分光反射率算出部 213 とを含む。なお、分光反射率予測部 21 は、本明細書中における反射率ベース色予測モデルに相当する。

20

分光実効網点面積率算出部 211 は、分光反射率データベース 12 の原色分光反射率領域 121 を参照して、式(1)に従って、原色 C, M, Y 毎に複数段階の網点面積率 Y_i % に対応する実効網点面積率 $a_{eff, i}()$ { $i = C, M, Y$ } を算出する。この分光実効網点面積率算出部 211 は、算出した実効網点面積率 $a_{eff, i}()$ { $i = C, M, Y$ } を、ノイゲバウア原色分光網点面積率算出部 212 に出力する。これにより、分光実効網点面積率算出部 211 は、与えられた複数段階の網点面積率 Y_i % の網点設定値に対し、各原色の分光実効網点面積率を得る。

30

【0061】

ノイゲバウア原色分光網点面積率算出部 212 は、分光実効網点面積率算出部 211 から入力される複数段階の網点面積率 Y_i % に対応する実効網点面積率 $a_{eff, i}()$ { $i = C, M, Y$ } に基づき、式(2)に従って、ノイゲバウア原色の分光網点面積率 $F_{a, l}()$ { $l = C, M, Y, CM, MY, YC, CMY, W$ } を算出する。このノイゲバウア原色分光網点面積率算出部 212 は、算出したノイゲバウア原色の分光網点面積率 $F_{a, l}()$ を、分光反射率算出部 213 に出力する。

【0062】

分光反射率算出部 213 は、ノイゲバウア原色分光反射率領域 122 から読み出したノイゲバウア原色 l のベタの分光反射率 $R_{t, l}()$ と、ノイゲバウア原色分光網点面積率算出部 212 から入力するノイゲバウア原色の分光網点面積率 $F_{a, l}()$ に基づき、式(3)に従って、予測分光反射率 $R()$ を算出する。

40

【0063】

多次色分光反射率データベース 22 は、網点面積率データ領域 221 を含む。

網点面積率データ領域 221 は、例えば、網点面積率 50 % の 2 次元データセットである網点面積率データを記憶する。この網点面積率データとは、分光反射率算出部 213 によって算出された予測分光反射率 $R()$ と、分光反射率算出部 154 によって算出された予想分光反射率 $R_D()$ を含む。なお、予測分光反射率 $R()$ と予測分光反射率 $R_D()$ は、分光光学濃度予測部 15 および分光反射率予測部 21 によって上述のようにして得られる予測分光反射率である。

50

測定分光反射率領域 2 2 2 は、測定部 1 9 によって測定された分光反射率の実測値を記憶する。この測定分光反射率領域 2 2 2 は、任意の網点面積率に対応する二次色 k ($k = Y M, M C, C Y$) の測定分光反射率 $R_{measure, k}()$ を格納する。この測定分光反射率 $R_{measure, k}()$ は、各網点面積率である二次色 ($Y M, M C, C Y$) のカラーパッチが印刷された用紙からの反射光を測定することで得られる分光反射率である。この測定分光反射率領域 2 2 2 は、例えば、網点面積率 5 0 % における二次色 k ($k = Y M, M C, C Y$) の測定分光反射率 $R_{measure, k}()$ を格納する。

【 0 0 6 4 】

重み係数算出部 2 3 は、多次色分光反射率データベース 2 2 の網点面積率データ領域 2 2 1 から予測分光反射率 $R()$ および予測分光反射率 $R_D()$ を読み出し、式 (9) に従って、この重み係数 w における予測分光反射率 $R_w()$ を算出する。

10

【 0 0 6 5 】

【 数 9 】

$$R_w(\lambda) = (1 - w) \cdot R(\lambda) + w \cdot R_D(\lambda) \quad \dots \text{式 (9)}$$

【 0 0 6 6 】

また、重み係数算出部 2 3 は、多次色分光反射率データベース 2 2 の測定分光反射率領域 2 2 2 から、測定分光反射率 $R_{measure, k}()$ を読み出し、式 (1 0) に従って、重み係数 w における予測分光反射率 $R_w()$ と測定分光反射率 $R_{measure, k}()$ との差分 $R M S E_k$ を、二次色 k ごとに算出する。

20

【 0 0 6 7 】

【 数 1 0 】

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{\lambda=380nm}^{730nm} (R_w(\lambda) - R_{measure, k}(\lambda))^2} \quad \dots \text{式 (1 0)}$$

【 0 0 6 8 】

ただし、上記の式は分光反射率が 3 8 0 n m から 7 3 0 n m のデータの場合を想定し、 n は分光反射率の波長の刻み数とする。

30

【 0 0 6 9 】

さらに、重み係数算出部 2 3 は、重み係数 w における予測分光反射率 $R_w()$ と測定分光反射率 $R_{measure, k}()$ との差分 $R M S E_k$ を、全ての二次色 k ($k = C M, M Y, Y C$) について算出し、この $R M S E_k$ の積算値 $R M S E$ を得る。

この重み係数算出部 2 3 は、得た積算値 $R M S E$ が収束条件を満たすか否かを判断し、収束条件を満たす場合、この時の重み係数 w を最適値と決定する。一方、収束条件を満たさない場合、重み係数算出部 2 3 は、積算値 $R M S E$ が収束する方向に、例えば逐次近似により重み係数 w を修正する。

【 0 0 7 0 】

40

混合予測部 2 4 は、重み係数算出部 2 3 によって算出される重み係数 w を入力する。この混合予測部 2 4 は、分光反射率予測部 2 1 の分光反射率算出部 2 1 3 によって算出された予測分光反射率 $R()$ 、分光光学濃度予測部 1 5 の分光反射率算出部 1 5 4 によって算出された予測分光反射率 $R_D()$ 、および重み係数 w に基づき、式 (1 1) に従って、混合予測分光反射率 $R_m()$ を算出する。

【 0 0 7 1 】

【数 1 1】

$$R_m(\lambda) = (1-w)R(\lambda) + wR_D(\lambda) \quad \cdots \text{式 (11)}$$

ただし

R_m : 混合モデルで予測の分光反射率

w : 混合比率 ただし、 $1 \geq w > 0$

10

【0072】

次に、図6を参照して、重み係数 w の決定方法の一例について説明する。

図6に示す通り、重み係数 w の初期値として、例えば $w = 0.5$ が設定されると(ステップST11)、この重み係数 w の初期値 0.5 が入力部11を介して重み係数算出部23に入力する。

この重み係数算出部23は、多次色分光反射率データベース22の網点面積率データ領域221から、網点面積率50%に対応する二次色(例えば、YM)の予測分光反射率 $R(\quad)$ と予測分光反射率 $R_D(\quad)$ を読み出し、式(9)に従って、重み係数 $w = 0.5$ における予測分光反射率 $R_{w,y,m}(\quad)$ を求める(ステップST12)。

20

【0073】

次いで、重み係数算出部23は、多次色分光反射率データベース22の測定分光反射率領域222から、測定分光反射率 $R_{\text{measure},y,m}(\quad)$ を読み出し、式(10)に従って、重み係数 $w = 0.5$ における予測分光反射率 $R_{w,y,m}(\quad)$ と測定分光反射率 $R_{\text{measure},y,m}(\quad)$ との差分 $\text{RMSE}_{y,m}$ を算出する(ステップST13)。

【0074】

そして、重み係数算出部23は、すべての二次色(CM, MY, YC)に対応する差分 $\text{RMSE}_{y,m}$ 、差分 $\text{RMSE}_{m,c}$ 、差分 $\text{RMSE}_{c,y}$ を算出したか否かを判定する(ステップST14)。ここで、重み係数算出部23は、まだ差分 $\text{RMSE}_{y,m}$ しか算出していないため(ステップST14-NO)、ステップST12に戻る。

30

【0075】

つまり、重み係数算出部23は、多次色分光反射率データベース22の網点面積率データ領域221から、網点面積率50%に対応する二次色(例えば、MC)の予測分光反射率 $R(\quad)$ と予測分光反射率 $R_D(\quad)$ を読み出し、式(9)に従って、重み係数 $w = 0.5$ における予測分光反射率 $R_{w,m,c}(\quad)$ を算出する(ステップST12)。次いで、重み係数算出部23は、多次色分光反射率データベース22の測定分光反射率領域222から、測定分光反射率 $R_{\text{measure},m,c}(\quad)$ を読み出し、式(10)に従って、重み係数 $w = 0.5$ における予測分光反射率 $R_{w,m,c}(\quad)$ と測定分光反射率 $R_{\text{measure},m,c}(\quad)$ との差分 $\text{RMSE}_{m,c}$ を算出する(ステップST13)。同様に、予測分光反射率 $R_{w,c,y}(\quad)$ と測定分光反射率 $R_{\text{measure},c,y}(\quad)$ との差分 $\text{RMSE}_{c,y}$ を算出する。

40

そして、すべての二次色の組み合わせの差分 $\text{RMSE}_{y,m}$ 、差分 $\text{RMSE}_{m,c}$ および差分 $\text{RMSE}_{c,y}$ に基づき、これらの総和である積算値 RMSE を算出する(ステップST15)。

【0076】

次いで、重み係数算出部23は、積算値 RMSE が収束条件を満たすか否かを判断し(ステップST16)、収束条件を満たす場合、この時の重み係数 $w = 0.5$ を最適値と決定する(ステップST16-OK)。

一方、収束条件を満たさない場合(ステップST16-NG)、重み係数算出部23は

50

、積算値 $RMS E$ が収束する方向に、例えば逐次近似により重み係数 w を修正する（ステップ $ST17$ ）。

そして、重み係数算出部 23 は、差分 $RMS E_k$ および積算値 $RMS E$ をリセットして（ステップ $ST18$ ）、修正された重み係数 w に基づき、ステップ $ST12 \sim 16$ を行う。

このようにして、重み係数算出部 23 は、重み係数 w を決定して、混合予測部 24 に出力する。

【0077】

次に、図7を参照して、本実施形態に係る色予測装置 200 による色予測方法の一例について説明する。図7は、本実施形態に係る色予測装置 200 による色予測方法の一例を示すフローチャートである。なお、上述の色予測装置 100 による色予測方法と同様な工程については、同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

【0078】

図7に示す通り、入力部 11 が、原色毎に設定されるカラーパッチを印刷するための複数段階の網点面積率 $X_i \%$ を印刷部 18 に出力すると、上述と同様にして測定部 19 により分光反射率が測定され、測定部 19 が原色 i の分光反射率 $R_{measure, i}()$ 、原色 i ベタの分光反射率 $R_{t, i}()$ 、および用紙の分光反射率 $R_s()$ を分光反射率データベース 12 の原色分光反射率領域 121 に格納し、かつ、ノイゲバウア原色 1 ベタの分光反射率 $R_{t, 1}()$ をノイゲバウア原色分光反射率領域 122 に格納する。

また、光学濃度算出部 13 が、分光反射率データベース 12 から読み出した分光反射率を光学濃度に変換し、分光光学濃度データベース 14 の原色分光光学濃度領域 141 に、原色 i の光学濃度 $D_{measure, i}()$ 、原色 i ベタの光学濃度 $D_{t, i}()$ 、および用紙の光学濃度 $D_s()$ を格納し、かつ、ノイゲバウア原色分光光学濃度領域 142 に、ノイゲバウア原色 1 ベタの分光光学濃度 $D_{t, 1}()$ を格納する。

【0079】

一方、入力部 11 は、色予測テーブルを作成するために設定される網点設定値（例えば、複数段階の網点面積率 $Y_i \%$ を示す情報）を入力し、分光反射率予測部 21 の分光実効網点面積率算出部 211 に出力する。

そして、分光実効網点面積率算出部 211 は、分光反射率データベース 12 の原色分光反射率領域 121 から原色 i の分光反射率 $R_{measure, i}()$ 、原色 i ベタの分光反射率 $R_{t, i}()$ 、および用紙の分光反射率 $R_s()$ を読み出し、式（1）に従って、設定された網点面積率 $Y_i \%$ における実効網点面積率 $a_{eff, i}()$ を原色 CMY ごとに算出する（ステップ $ST22$ ）。

この分光実効網点面積率算出部 211 は、算出した複数段階の網点面積率 $Y_i \%$ に対応する実効網点面積率 $a_{eff, i}()$ $\{i = C, M, Y\}$ を、ノイゲバウア原色分光網点面積率算出部 212 に出力する。

【0080】

次いで、ノイゲバウア原色分光網点面積率算出部 212 は、分光実効網点面積率算出部 211 から入力される実効網点面積率 $a_{eff, i}()$ $\{i = C, M, Y\}$ に基づき、式（2）に従って、複数段階の網点面積率 $Y_i \%$ に対応するノイゲバウア原色の分光網点面積率 $F_{a, 1}()$ $\{1 = C, M, Y, CM, MY, YC, CMY, W\}$ を算出する（ステップ $ST23$ ）。

このノイゲバウア原色分光網点面積率算出部 212 は、算出したノイゲバウア原色の分光網点面積率 $F_{a, 1}()$ $\{1 = C, M, Y, CM, MY, YC, CMY, W\}$ を、分光反射率算出部 213 に出力する。

【0081】

次いで、分光反射率算出部 213 は、ノイゲバウア原色分光反射率領域 122 から読み出したノイゲバウア原色 1 ベタの分光反射率 $R_{t, 1}()$ と、ノイゲバウア原色分光網点面積率算出部 212 から入力するノイゲバウア原色の分光網点面積率 $F_{a, 1}()$ に基づき、式（3）に従って、予測分光反射率 $R()$ を算出し、混合予測部 24 に出力す

10

20

30

40

50

る（ステップST24）。

一方、分光光学濃度予測部15は、上述した通り、予測分光反射率 R_D （ ）を算出し、混合予測部24に出力する（ステップST2～5）。

これにより、分光反射率予測部21によって算出された予測分光反射率 R （ ）と、分光光学濃度予測部15によって算出された予測分光反射率 R_D （ ）が、混合予測部24に入力する。

【0082】

また、重み係数算出部23は、上述した通り重み係数 w を算出し、混合予測部24に出力する。

これにより、混合予測部24は、予測分光反射率 R （ ）に対して重み係数 $(1-w)$ の重み付けをする（ステップST25）とともに、予測分光反射率 R_D （ ）に対して重み係数 w の重み付けをして（ステップST26）、式（11）に従って、混合予測分光反射率 R_m （ ）を算出する（ステップST27）。 10

【0083】

そして、色予測テーブル作成部16は、この混合予測分光反射率 R_m （ ）に基づき、再現色を表現する三刺激値XYZやCIE Lab値等を算出し、色予測処理の対象である入力画像データにおける入力情報と、混合予測分光反射率 R_m （ ）に基づき予測される再現色を表現する再現色情報とを対応付ける色予測テーブルを作成するとともに、色予測テーブルを逆変換して色分解テーブルを作成し、出力部17に出力する。 20

【0084】

上述の通り、色予測装置200は、印刷部19や用紙の特性に合わせて重み係数 w の最適値を算出するとともに、分光反射率予測部21によって算出された予測分光反射率 R （ ）と、分光光学濃度予測部15によって算出された予測分光反射率 R_D （ ）を重み係数 w に応じた割合で混合することにより、予測される分光反射率の最適化を図ることができる。つまり、分光反射率に比べて分光光学濃度に基づく分光光学濃度予測部15による色予測の方の精度が高い場合、混合予測分光反射率 R_m （ ）に混合される予測分光反射率 R_D （ ）の割合を多くする。一方、分光光学濃度に比べて分光反射率に基づく分光反射率予測部21による色予測の方の精度が高い場合、混合予測分光反射率 R_m （ ）に混合される予測分光反射率 R （ ）の割合を多くする。 30

これにより、色予測装置200は、用紙や印刷部19の特性に応じて、重み係数 w を調整することにより、再現色を表わす分光反射率として予測される予測分光反射率として、最適な予測分光反射率を算出することができる。 30

【0085】

[第3実施形態]

次に、図8～12を参照して、第3実施形態に係る印刷システムの一例について説明する。第3実施形態に係る印刷システムは、例えば、デジタルカメラ、デジタルビデオカメラ、スキャナといったデジタル撮像機器で取得したデジタル画像を印刷する印刷システムにおいて、被写体の色を再現するためのカラーマッチングを実現するシステムである。

図8は、本発明の実施形態に係る印刷システムの構成の一例を示す概略図である。

図8に示す通り、本発明の実施形態に係る印刷システムは、LUT（Look Up Table）作成装置1000と、画像入力装置2000と、階調値・網点面積率変換装置3000と、再現色出力装置4000と、を備える。 40

本発明の実施形態に係る印刷システムは、LUT作成装置1000によって作成されるLUTを参照して、画像入力装置2000が入力する被写体を撮像したデジタル画像データに基づき、例えば再現色出力装置4000が被写体を印刷する。このLUT作成装置1000は、第1～2実施形態において説明したような色予測装置100、200に相当する印刷物分光反射率予測装置1300を利用することにより、分光反射率に基づいた階調値と網点面積率を対応付けるLUTを作成する。これにより、再現色出力装置4000は、被写体から分光反射率を計測せずとも、被写体と分光反射率が近い色再現を実現する。

【0086】

図 8 に示す通り、LUT 作成装置 1000 は、入力部 1100 と、分光反射率推定装置 1200 と、印刷物分光反射率予測装置 1300 と、最適化計算部（収束判定部）1400 と、階調値・網点面積率対応づけ部 1500 と、LUT データベース 1600 と、を含む。この LUT 作成装置 1000 は、階調値を網点面積率に変換する LUT である階調値・網点面積率変換テーブルを作成する。この階調値・網点面積率変換テーブルは、デジタル画像データの色特性を表わす各画素の階調値を、再現色出力装置 4000 の印刷特性に応じた網点面積率に変換するための変換テーブルである。

この階調値・網点面積率変換テーブルの一例を図 14 に示す。図 14 は、本実施形態に係る LUT 作成装置 1000 によって作成される階調値・網点面積率変換テーブルの一例を示す図である。

10

図 14 に示す通り、階調値・網点面積率変換テーブルは、分光反射率推定装置 1200 にて推定反射率の算出に用いた RGB 階調値と、最適化計算部 1400 によって最適値と決定された混合予測分光反射率の網点面積率 Y_i とを、それぞれ対応付けたテーブルである。

各階調値データ K_j に対して、一意の RGB 階調値が予め決められている。例えば、階調値データ $K_1 = (R = 0, G = 0, B = 0)$ 、階調値データ $K_2 = (R = 0, G = 0, B = 15)$ 、・・・、階調値データ $K_N = (R = 255, G = 255, B = 255)$ と決められている。この各階調値データ K_j に対する RGB 階調値が、“変換元”のデータとして、互いに対応付けられている。

“変換先”のデータとしては、被写体と分光反射率が近い色再現を実現するための階調値データ K_j と網点面積率 Y_i が対応付けられている。

20

【0087】

入力部 1100 は、任意に用意した N 個の階調値データ K_N を入力する。例えば、R、G、B の各チャンネルを 20 分割してできる $N = 20 \times 20 \times 20 = 8000$ 個の RGB 階調値データ K_N を入力する。なお、階調値データ K_N のうち、任意の階調値を階調値データ K_j ($j = 1, 2, \dots, N$) と記す。

【0088】

分光反射率推定装置 1200 は、例えば、RGB 階調値データから分光反射率を推定する。この分光反射率推定装置 1200 としては、例えば、特許文献 2 に示すような構成を利用することができる。この特許文献 2 で示される分光反射率推定方法は、分光反射率が異なる色票を配した標準板を色再現推定対象物と同一の画像入力条件で入力した際の色票の画像データを取得する。

30

例えば、分光反射率推定装置 1200 は、各色票に対応するセンサ応答値を画像データから抽出した従属変数と、各色票の分光反射率、分光反射率を特定次元の線形結合で表現する基底関数から作成した独立変数と、を用いて最適化法を施す。この分光反射率推定装置 1200 は、物体の分光反射率を特定次元の線形結合で表現する基底関数に対する係数を画像入力機器のセンサ応答値に変換するための変換係数を作成する。分光反射率推定装置 1200 は、前記変換係数と、物体の分光反射率を特定の次元の線形結合で表現するための基底関数とに基づき、センサ応答値に対応する分光反射率の候補を算出し、存在確率係数を最大とする分光反射率候補を最適化法により、推定される分光反射率 R_j' () (以下、推定分光反射率という) を階調値データ K_j ごとに決定する。この分光反射率推定装置 1200 は、決定した推定分光反射率 R_j' () を最適化計算部 1400 に出力する。

40

ただし、本発明に係る印刷システムの構築における分光反射率推定装置の構成、および方法は、分光反射率推定を行うことが可能であれば、特許文献 2 に限定されることを必要としない。

【0089】

印刷物分光反射率予測装置 1300 は、入力部 131 と、分光反射率データベース 132 と、光学濃度算出部 133 と、分光光学濃度データベース 134 と、分光反射率予測部 135 と、分光光学濃度予測部 136 と、印刷部 137 と、測定部 138 と、混合予測部

50

139と、を含む。この印刷物分光反射率予測装置1300は、階調値・網点面積率変換テーブルを作成するために設定される網点面積率 Y_i %に対応する混合予測分光反射率 $R_{j,m}(\quad)$ を出力する。

【0090】

ここで、印刷物分光反射率予測装置1300を用いた、印刷物の分光反射率を予測する方法の一例について説明する。

カラーマッチングにおいて面積変調により出力色を調整する場合、与えられた網点面積率で各色が印刷される部分の網点面積率を予測する方法として、例えば、ユール・ニールセン分光ノイゲバウアモデル (YULe - NieLsen SpecTRaL NeUGeBaUeR Model) を利用する方法や、分光拡張ノイゲバウアモデルを利用する
10
方法 (例えば、非特許文献1参照) などの技術が知られている。

【0091】

ここでいう「分光拡張ノイゲバウアモデル」とは、ノイゲバウア原色と網点面積率を波長の関数となるように分光に拡張したモデルである。このモデルを説明するために、シアン(C)、マゼンタ(M)、イエロー(Y)の3色の一次色の原色に対して、網点を掛け合わせた際の分光反射率を予測する式について説明する。

【0092】

まず、マーレー・デービス (Murray - Davies) 式を逆に解く事によって得られる式 (12) に従って、原色 i の網点面積率 Y_i に対する実効網点面積率 $a_{eff,i}(\quad)$
20
 $i(\quad)$ が算出される。

【0093】

【数12】

$$a_{eff,i}(\lambda) = \frac{R_{measure,i}(\lambda) - R_s(\lambda)}{R_{t,i}(\lambda) - R_s(\lambda)} \quad \cdots \text{式 (12)}$$

ただし

$a_{eff,i}(\lambda)$: 原色 i における実効網点面積率
30

$R_{measure,i}(\lambda)$: 原色 i の分光反射率

$R_{t,i}(\lambda)$: 原色 i ベタの分光反射率

$R_s(\lambda)$: 用紙の分光反射率

λ : 波長

【0094】

なお、原色 i の分光反射率 $R_{measure,i}(\quad)$ 、原色 i ベタの分光反射率 $R_{t,i}(\quad)$ 、用紙の分光反射率 $R_s(\quad)$ は、実測値である。
40

上記の式 (13) により、与えられた原色 i の網点面積率 Y_i %の設定に対し、各原色 i の分光実効網点面積率 $a_{eff,i}(\quad)$ { $i = C, M, Y$ } が得られる。これらの実効網点面積率 $a_{eff,i}(\quad)$ は、光学ドットゲインや機械ドットゲインが含まれたものであり、ユール・ニールセン分光ノイゲバウアモデルにおいて最適な n 値を求めることに相当する。

なお、ここでいう「機械的ドットゲイン」とは、刷版や印刷機による印刷で網点が潰れて太ることによって発生する実効網点面積率の誤差であり、印刷特性等に応じて印刷機ごとに異なるものである。また、ここでいう「光学的ドットゲイン」とは、印刷媒体表面に浸透した色材 (例えば、インクやトナー) が乱反射して起こすことによって発生する実効網点面
50

積率の誤差であり、印刷媒体の特性に応じて異なるものである。

【 0 0 9 5 】

次に、ノイゲバウア原色 l の分光網点面積率 $F_{a,l}(\lambda)$ ($\lambda = C, M, Y, CM, MY, YC, CMY, W$) を次式 (13) より算出する。

【 0 0 9 6 】

【 数 1 3 】

$$\begin{aligned}
 F_{a,c}(\lambda) &= a_{eff,c}(\lambda)(1 - a_{eff,m}(\lambda))(1 - a_{eff,y}(\lambda)) \\
 F_{a,m}(\lambda) &= (1 - a_{eff,c}(\lambda))a_{eff,m}(\lambda)(1 - a_{eff,y}(\lambda)) \\
 F_{a,y}(\lambda) &= (1 - a_{eff,c}(\lambda))(1 - a_{eff,m}(\lambda))a_{eff,y}(\lambda) \\
 F_{a,cm}(\lambda) &= a_{eff,c}(\lambda)a_{eff,m}(\lambda)(1 - a_{eff,y}(\lambda)) \\
 F_{a,cy}(\lambda) &= a_{eff,c}(\lambda)(1 - a_{eff,m}(\lambda))a_{eff,y}(\lambda) \\
 F_{a,my}(\lambda) &= (1 - a_{eff,c}(\lambda))a_{eff,m}(\lambda)a_{eff,y}(\lambda) \\
 F_{a,cmY}(\lambda) &= a_{eff,c}(\lambda)a_{eff,m}(\lambda)a_{eff,y}(\lambda) \\
 F_{a,W}(\lambda) &= (1 - a_{eff,c}(\lambda))(1 - a_{eff,m}(\lambda))(1 - a_{eff,y}(\lambda))
 \end{aligned}
 \tag{13}$$

ただし

$a_{eff,c}(\lambda)$: シアン一次色の分光実効網点面積率
 $a_{eff,m}(\lambda)$: マゼンター一次色の分光実効網点面積率
 $a_{eff,y}(\lambda)$: イエロー一次色の分光実効網点面積率
 $F_{a,l}(\lambda)$: ノイゲバウア原色 l の分光網点面積率

【 0 0 9 7 】

上記式 (13) により算出されたノイゲバウア原色 l の分光網点面積率 $F_{a,l}(\lambda)$ ($\lambda = C, M, Y, CM, MY, YC, CMY, W$) を用いて、次の式 (14) より予測分光反射率 $R_j(\lambda)$ を求める。

【 0 0 9 8 】

【 数 1 4 】

$$R_j(\lambda) = \sum_l F_{a,l}(\lambda) R_{t,l}(\lambda) \tag{14}$$

ただし

$R_{t,l}(\lambda)$: ノイゲバウア原色 l ベタの分光反射率
 $R_j(\lambda)$: 予測される分光反射率

【 0 0 9 9 】

印刷物分光反射率予測装置 1300 は、印刷物の分光反射率の予測の精度を高めるとともに、印刷物の分光反射率の予測の際のデバイスにかかる処理負荷を軽減することができ

10

20

30

40

50

る分光反射率予測方法を使用している。

【 0 1 0 0 】

入力部 1 3 1 は、最適化計算部 1 4 0 0 と接続されており、最適化計算部 1 4 0 0 から出力される網点面積率を入力する。最適化計算部 1 4 から初期情報が送られてくるときは、任意の網点面積率を入力する。この入力部 1 3 1 は、例えば、外部のコンピュータ等と接続されており、各原色 i の任意の網点面積率の設定値を入力する。具体的にいうと、入力部 1 1 は、例えば階調値・網点面積率変換テーブルを作成するために設定される網点設定値（例えば、複数段階の網点面積率 Y_i %を示す情報）と、カラーパッチを印刷するために設定される網点設定値（例えば、複数段階の網点面積率 X_i %を示す情報）とを入力する。

10

【 0 1 0 1 】

分光反射率データベース 1 3 2 は、原色分光反射率領域 1 3 2 1 とノイゲバウア原色分光反射率領域 1 3 2 2 とを含む。

この分光反射率データベース 1 3 2 は、測定されたカラーパッチの各原色 i の分光反射率を格納する。ここでは、原色 i のカラーパッチとして、イエロー（ Y ）、マゼンタ（ M ）、シアン（ C ）の３色を用いる例について、以下説明する。また、カラーパッチには、少なくとも、複数段階の網点面積率 X_i %（ $i = C, M, Y$ ）で各原色 i （ $i = C, M, Y$ ）が印刷されるパッチ部分と、網点面積率 1 0 0 %のノイゲバウア原色 l が印刷されるパッチ部分とを含む。

この複数段階の網点面積率 X_i %で印刷されるパッチ部分は、各原色 i の一次色であって、カラーパッチを印刷するために設定される網点面積率であって、例えば 5 %間隔で設定される複数段階の網点面積率 X_i %において印刷される。また、ノイゲバウア原色 l は、各原色 i の一次色（ $l = C, M, Y$ ）、二次色（ $l = CM, CY, MY$ ）、三次色（ $l = CMY$ ）の 8 色と、下地色（ $l = W$ ）である。

20

このカラーパッチは、入力部 1 3 1 から入力するカラーパッチを印刷するために設定される網点面積率 X_i %が印刷部 1 3 7 に入力されることにより、印刷部 1 3 7 によって印刷媒体に印刷媒体に印刷される。

印刷部 1 3 7 は、例えば、オフセット印刷等の有版印刷を行い、RIP（Raster Image Processor）処理やCTP（Computer To Plate）処理を含めた一連の印刷処理を行う。

30

【 0 1 0 2 】

この原色分光反射率領域 1 3 2 1 は、例えば、原色 i （ $i = C, M, Y$ ）の分光反射率 $R_{measure, i}$ （ \quad ）、原色 i （ $i = C, M, Y$ ）ベタの分光反射率 $R_{t, i}$ （ \quad ）、および用紙の分光反射率 R_s （ \quad ）を格納する。なお、原色 i （ $i = C, M, Y$ ）の分光反射率 $R_{measure, i}$ （ \quad ）は、カラーパッチを印刷するために設定される網点面積率 X_i %に基づき、複数段階の網点面積率 X_i %で原色 i （ $i = C, M, Y$ ）の一次色（ C, M, Y ）を印刷部 1 3 7 が印刷媒体に印刷したカラーパッチの分光反射率を測定した実測値である。また、原色 i （ $i = C, M, Y$ ）ベタの分光反射率 $R_{t, i}$ （ \quad ）は、網点面積率 1 0 0 %で原色 i の一次色（ C, M, Y ）を印刷部 1 3 7 が印刷媒体に印刷したカラーパッチの分光反射率を測定した実測値である。印刷媒体である用紙の分光反射率 R_s （ \quad ）は、何も印刷されていない用紙部分の分光反射率を測定した実測値である。この原色 i の分光反射率 $R_{measure, i}$ （ \quad ）、原色 i ベタの分光反射率 $R_{t, i}$ （ \quad ）、および印刷媒体である用紙の分光反射率 R_s （ \quad ）は、印刷部 1 3 7 によって印刷媒体に印刷されたカラーパッチに基づき、例えば、測定部 1 3 8 が測定した分光反射率である。

40

この測定部 1 3 8 は、光学素子を備え、カラーパッチの分光反射率を測定し、測定した分光反射率を分光反射率データベース 1 3 2 に格納する。

【 0 1 0 3 】

ノイゲバウア原色分光反射率領域 1 3 2 2 は、ノイゲバウア原色 l ベタの分光反射率 $R_{t, l}$ （ \quad ）を格納する。この分光反射率 $R_{t, l}$ （ \quad ）は、網点面積率 1 0 0 %でノイ

50

ゲバウア原色 l ($l = C, M, Y, CM, MY, YC, CMY, W$) を印刷部 137 が印刷媒体に印刷したカラーパッチの分光反射率を測定した実測値である。このノイゲバウア原色 l ベタの分光反射率 $R_{t, l}(\quad)$ は、印刷部 137 によって印刷されたカラーパッチに基づき、例えば、測定部 138 が測定した分光反射率である。

【0104】

光学濃度算出部 133 は、図 9 に示す通り、分光反射率データベース 132 の原色分光反射率領域 1321 から分光反射率を読み出し、下の式 (15) に従って、この分光反射率 $R_j(\quad)$ に基づき分光光学濃度 $D_j(\quad)$ を算出し、分光光学濃度データベース 134 の原色分光光学濃度領域 1341 に格納する。つまり、光学濃度算出部 133 は、原色 i の分光反射率 $R_{\text{measure}, i}(\quad)$ に基づき原色 i の光学濃度 $D_{\text{measure}, i}(\quad)$ を算出する。また、光学濃度算出部 133 は、原色 i ベタの分光反射率 $R_{t, i}(\quad)$ に基づき原色 i ベタの光学濃度 $D_{t, i}(\quad)$ を算出する。さらに、光学濃度算出部 133 は、用紙の分光反射率 $R_s(\quad)$ に基づき用紙の光学濃度 $D_s(\quad)$ を算出する。

10

なお、上述の通り、原色 i の分光反射率 $R_{\text{measure}, i}(\quad)$ は、カラーパッチが印刷された複数段階の網点面積率 $X_i\%$ に応じて、複数段階の網点面積率 $X_i\%$ に対応する分光反射率を含む。このため、原色 i の光学濃度 $D_{\text{measure}, i}(\quad)$ も、複数段階の網点面積率 $X_i\%$ に対応する分光光学濃度を含む。

また、光学濃度算出部 133 は、図 10 に示す通り、分光反射率データベース 132 のノイゲバウア原色分光反射率領域 1322 からノイゲバウア原色 l ベタの分光反射率 $R_{t, l}(\quad)$ を読み出し、下の式 (15) に従って、この分光反射率 $R_{t, l}(\quad)$ に基づきノイゲバウア原色 l ベタの分光光学濃度 $D_{t, l}(\quad)$ を算出し、分光光学濃度データベース 134 のノイゲバウア原色分光光学濃度領域 1342 に格納する。

20

【0105】

なお、分光反射率 $R_j(\quad)$ は、原色 i の分光反射率 $R_{\text{measure}, i}(\quad)$ 、原色 i ベタの分光反射率 $R_{t, i}(\quad)$ 、用紙の分光反射率 $R_s(\quad)$ 、ノイゲバウア原色 l ベタの分光反射率 $R_{t, l}(\quad)$ の総称である。また、分光光学濃度 $D_j(\quad)$ は、原色 i の光学濃度 $D_{\text{measure}, i}(\quad)$ 、原色 i ベタの光学濃度 $D_{t, i}(\quad)$ 、用紙の光学濃度 $D_s(\quad)$ 、ノイゲバウア原色 l ベタの分光光学濃度 $D_{t, l}(\quad)$ の総称である。

30

【0106】

【数 15】

$$D_j(\lambda) = -\ln(R_j(\lambda)) \quad \cdots \text{式 (15)}$$

【0107】

図 8 に戻って、印刷物分光反射率予測装置 1300 の構成についての説明を続ける。

分光光学濃度データベース 134 は、原色分光光学濃度領域 1341 とノイゲバウア原色分光光学濃度領域 1342 を含む。

40

原色分光光学濃度領域 1341 は、原色 i の光学濃度 $D_{\text{measure}, i}(\quad)$ と、原色 i ベタの光学濃度 $D_{t, i}(\quad)$ と、印刷媒体である用紙の光学濃度 $D_s(\quad)$ を格納する。

ノイゲバウア原色分光光学濃度領域 1342 は、ノイゲバウア原色 l ベタの分光光学濃度 $D_{t, l}(\quad)$ を格納する。

【0108】

分光反射率予測部 135 は、例えば、分光拡張ノイゲバウアモデルであって、分光実効網点面積率算出部 1351 と、ノイゲバウア原色分光網点面積率算出部 1352 と、分光反射率算出部 1353 とを含む。

分光実効網点面積率算出部 1351 は、分光反射率データベース 132 の原色分光反射

50

率領域 1 3 2 1 を参照して、式 (1 2) に従って、原色 C M Y 毎に複数段階の網点面積率 Y_i % に対応する実効網点面積率 $a_{eff, i} () \{ i = C, M, Y \}$ を算出する。この分光実効網点面積率算出部 1 3 5 1 は、算出した実効網点面積率 $a_{eff, i} () \{ i = C, M, Y \}$ を、ノイゲバウア原色分光網点面積率算出部 1 3 5 2 に出力する。これにより、分光実効網点面積率算出部 1 3 5 1 は、与えられた複数段階の網点面積率 Y_i % の網点面積率に対し、各原色 i の分光実効網点面積率を得る。

【 0 1 0 9 】

ノイゲバウア原色分光網点面積率算出部 1 3 5 2 は、分光実効網点面積率算出部 1 3 5 1 から入力される複数段階の網点面積率 Y_i % に対応する実効網点面積率 $a_{eff, i} () \{ i = C, M, Y \}$ に基づき、式 (1 3) に従って、ノイゲバウア原色の分光網点面積率 $F_{a, l} () \{ l = C, M, Y, CM, MY, YC, CMY, W \}$ を算出する。このノイゲバウア原色分光網点面積率算出部 1 3 5 2 は、算出したノイゲバウア原色 l の分光網点面積率 $F_{a, l} ()$ を、分光反射率算出部 1 3 5 3 に出力する。

10

【 0 1 1 0 】

分光反射率算出部 1 3 5 3 は、ノイゲバウア原色分光反射率領域 1 3 2 2 から読み出したノイゲバウア原色 l ベタの分光反射率 $R_{t, l} ()$ と、ノイゲバウア原色分光網点面積率算出部 1 3 5 2 から入力するノイゲバウア原色 l の分光網点面積率 $F_{a, l} ()$ に基づき、式 (1 4) に従って、予測分光反射率 $R ()$ を算出する。この分光反射率算出部 1 3 5 3 は、予想分光反射率 $R ()$ を混合予測部 1 3 9 に出力する。

【 0 1 1 1 】

20

分光光学濃度予測部 1 3 6 は、例えば、分光光学濃度を用いて展開した分光拡張ノイゲバウアモデル (光学濃度ベース網点面積率予測モデル) であって、分光実効網点面積率算出部 1 3 6 1 と、ノイゲバウア原色分光網点面積率算出部 1 3 6 2 と、分光光学濃度算出部 1 3 6 3 と、分光反射率算出部 1 3 6 4 とを含む。

分光実効網点面積率算出部 1 3 6 1 は、分光光学濃度データベース 1 3 4 の原色分光光学濃度領域 1 3 4 1 を参照して、下に示す式 (1 6) に従って、原色毎に設定される複数段階の網点面積率 Y_i % における実効網点面積率 $b_{eff, i} () \{ i = C, M, Y \}$ を原色 C M Y ごとに算出する。この分光実効網点面積率算出部 1 3 6 1 は、複数段階の網点面積率 Y_i % ごとに算出した実効網点面積率 $b_{eff, i} () \{ i = C, M, Y \}$ を、ノイゲバウア原色分光網点面積率算出部 1 3 6 2 に出力する。

30

なお、原色 i の光学濃度 $D_{measure, i} ()$ は、上述の通り、複数段階の網点面積率 X_i % に対応する分光光学濃度を含む。よって、光学濃度 $D_{measure, i} ()$ と実効網点面積率 $b_{eff, i} ()$ における網点面積率 X_i % と Y_i % が一致しない場合、分光実効網点面積率算出部 1 3 6 1 は、近似曲線や線形補間等を用いて、不一致の部分を補間しつつ、実効網点面積率 $b_{eff, i} ()$ を算出する。

【 0 1 1 2 】

【数 1 6】

$$b_{eff,i}(\lambda) = \frac{D_{measure,i}(\lambda) - D_s(\lambda)}{D_{t,i}(\lambda) - D_s(\lambda)} \quad \dots \text{式 (16)}$$

ただし

$b_{eff,i}(\lambda)$: 原色 i における実効網点面積率

10

$D_{measure,i}(\lambda)$: 原色 i の光学濃度

$D_{t,i}(\lambda)$: 原色 i ベタの光学濃度

$D_s(\lambda)$: 用紙の光学濃度

λ : 波長

【0 1 1 3】

ノイゲバウア原色分光網点面積率算出部 1 3 6 2 は、分光実効網点面積率算出部 1 3 6 1 から入力される複数段階の網点面積率 Y_i % に対応する実効網点面積率 $b_{eff,i}(\lambda)$ { $i = C, M, Y$ } に基づき、下に示す式 (17) に従って、複数段階の網点面積率 Y_i % に対応するノイゲバウア原色の分光網点面積率 $F_{b,i}(\lambda)$ を算出する。このノイゲバウア原色分光網点面積率算出部 1 3 6 2 は、算出した複数段階の網点面積率 Y_i % に対応するノイゲバウア原色の分光網点面積率 $F_{b,i}(\lambda)$ を、分光光学濃度算出部 1 3 6 3 に出力する。

20

【0 1 1 4】

【数 1 7】

$$\begin{aligned}
 F_{b,c}(\lambda) &= b_{eff,c}(\lambda)(1-b_{eff,m}(\lambda))(1-b_{eff,y}(\lambda)) \\
 F_{b,m}(\lambda) &= (1-b_{eff,c}(\lambda))b_{eff,m}(\lambda)(1-b_{eff,y}(\lambda)) \\
 F_{b,y}(\lambda) &= (1-b_{eff,c}(\lambda))(1-b_{eff,m}(\lambda))b_{eff,y}(\lambda) \\
 F_{b,cm}(\lambda) &= b_{eff,c}(\lambda)b_{eff,m}(\lambda)(1-b_{eff,y}(\lambda)) \\
 F_{b,cy}(\lambda) &= b_{eff,c}(\lambda)(1-b_{eff,m}(\lambda))b_{eff,y}(\lambda) \\
 F_{b,my}(\lambda) &= (1-b_{eff,c}(\lambda))b_{eff,m}(\lambda)b_{eff,y}(\lambda) \\
 F_{b,cmy}(\lambda) &= b_{eff,c}(\lambda)b_{eff,m}(\lambda)b_{eff,y}(\lambda) \\
 F_{b,W}(\lambda) &= (1-b_{eff,c}(\lambda))(1-b_{eff,m}(\lambda))(1-b_{eff,y}(\lambda))
 \end{aligned}
 \quad \dots \text{式 (17)}$$

10

ただし

 $b_{eff,c}(\lambda)$: シアン一次色の分光実効網点面積率

 $b_{eff,m}(\lambda)$: マゼンター一次色の分光実効網点面積率

 $b_{eff,y}(\lambda)$: イエロー一次色の分光実効網点面積率

 $F_{b,l}(\lambda)$: ノイゲバウア原色 l の分光網点面積率

20

【0 1 1 5】

分光光学濃度算出部 1 3 6 3 は、ノイゲバウア原色分光網点面積率算出部 1 3 6 2 から入力される複数段階の網点面積率 Y_i % に対応するノイゲバウア原色の分光網点面積率 $F_{b,1}(\quad)$ と、分光光学濃度データベース 1 3 4 のノイゲバウア原色分光光学濃度領域 1 3 4 2 から読み出したノイゲバウア原色 l ベタの分光光学濃度 $D_{t,1}(\quad)$ に基づき、下に示す式 (18) に従って、予測分光光学濃度 $D_j(\quad)$ を算出する。この分光光学濃度算出部 1 3 6 3 は、算出した予測分光光学濃度 $D_j(\quad)$ を分光反射率算出部 1 3 6 4 に出力する。

30

【0 1 1 6】

【数 1 8】

$$D_j(\lambda) = \sum_l F_{b,l}(\lambda) D_{t,l}(\lambda) \quad \dots \text{式 (18)}$$

ただし

40

 $D_{t,l}(\lambda)$: ノイゲバウア原色 l ベタの分光光学濃度

 $D_j(\lambda)$: 予測される分光光学濃度

【0 1 1 7】

分光反射率算出部 1 3 6 4 は、下に示す式 (19) に従って、分光光学濃度算出部 1 3 6 3 から入力される予測分光光学濃度 $D_j(\quad)$ に基づき予測分光反射率 $R_{j,D}(\quad)$ を算出する。この分光反射率算出部 1 3 6 4 は、予想分光反射率 $R_{j,D}(\quad)$ を混合予

50

測部 1 3 9 に出力する。

【 0 1 1 8 】

【 数 1 9 】

$$R_{j,D}(\lambda) = \frac{1}{\exp(D_j(\lambda))} \quad \cdots \text{式 (19)}$$

ただし

$R_{j,D}(\lambda)$: 予測される分光反射率

10

【 0 1 1 9 】

混合予測部 1 3 9 は、分光反射率予測部 1 3 5 の分光反射率算出部 1 3 5 3 によって算出された予測分光反射率 R_j ()、分光光学濃度予測部 1 3 6 の分光反射率算出部 1 3 6 4 によって算出された予測分光反射率 $R_{j,D}$ ()、および重み係数 w に基づき、下
に示す式 (20) に従って、混合予測分光反射率 $R_{j,m}$ () を算出する。この混合予
測部 1 3 9 は、混合予測分光反射率 $R_{j,m}$ () を最適化計算部 1 4 に出力する。重み
係数 w は、例えば、経験的に $w = 0.5$ とするなどして人が決定し、予め設定値として設
定してする。

20

【 0 1 2 0 】

【 数 2 0 】

$$R_{j,m}(\lambda) = (1-w)R_j(\lambda) + wR_{j,D}(\lambda) \quad \cdots \text{式 (20)}$$

ただし

$R_{j,m}$: 混合モデルで予測の分光反射率

30

w : 混合比率 ただし、 $1 \geq w > 0$

【 0 1 2 1 】

最適化計算部 1 4 0 0 は、分光反射率推定装置 1 2 0 0 から入力される推定分光反射率
 R_j' () と混合予測部 1 3 9 から入力される混合予測分光反射率 $R_{j,m}$ () との
差分を算出し、収束判定を行う。収束条件を満たしていれば、入力部 1 3 1 から取得した
、網点面積率 Y_i を階調値・網点面積率対応づけ部 1 5 0 0 へと出力する。収束条件を満
たしていなければ、網点面積率を逐次近似最適化手法で更新し、入力部 1 3 1 へと出力す
る。

40

【 0 1 2 2 】

階調値・網点面積率対応づけ部 1 5 0 0 は、最適化計算部 1 4 0 0 から入力される網点
面積率 Y_i と、階調値データ K_j とを対応づけて、LUT データベース 1 6 0 0 における
階調値・網点面積率変換テーブルに書き込む。

【 0 1 2 3 】

LUT データベース 1 6 0 0 は、階調値データ K_j と網点面積率 Y_i とを対応付ける階
調値・網点面積率変換テーブルを保存するデータベースである。

【 0 1 2 4 】

画像入力装置 2 0 0 0 は、例えば、外部のコンピュータ等と接続されており、被写体の
画像を含むデジタル画像データを入力する。この画像入力装置 2 0 0 0 は、分光反射率推

50

定対象となる被写体の画像を含む画像データの各画素の階調値を、赤（R）、緑（G）、青（B）の3チャンネルの光センサが検出した電位信号を処理して取得する。

【0125】

階調値・網点面積率変換装置3000は、階調値・網点面積率変換テーブルを用いて、デジタル画像データの各画素 p の階調値 k_j を、再現色（出力色）を表わす網点面積率 Y_i に変換する。

【0126】

再現色出力装置4000は、階調値・網点面積率変換装置3000から入力する網点面積率 Y_i に基づき、例えば、被写体の画像を媒体上に印刷する。

【0127】

次に、図11、12を参照して、本発明の実施形態に係る印刷システムの構成の一例について説明する。図11は、本発明の実施形態に係る印刷システムにおける階調値・網点面積率変換テーブルの作成方法の一例を示すフローチャートである。図12は、本発明の実施形態に係る印刷システムにおける被写体の分光反射率を近似再現する印刷方法の一例を示すフローチャートである。なお、階調値・網点面積率変換テーブルの作成とデジタル画像の印刷は同一のフロー上にはないため、本発明の実施形態に係る印刷システムの処理を説明するフローチャートを図11と図12に分けて説明する。

【0128】

はじめに、図11に示すフローチャートについて説明する。なお、図11に示すフローチャートでは、LUT作成装置1000が階調値・網点面積率変換テーブルをICCプロファイルフォーマットで作成してLUTデータベース1600に保存するまでの処理の一例について説明する。

【0129】

入力部1100は、 N 個の階調値データ K_N を入力する。例えば、R、G、Bの各チャンネルを20分割してできる $N = 20 \times 20 \times 20 = 8000$ 個のRGB階調値を示す階調値データ K_N を入力する（ステップST31）。

【0130】

入力部1100は、ステップST31で取得した階調値データ K_N の中から、階調値データ K_j を選択し、分光反射率推定装置12に出力する。ただし、 $j = 1, 2, \dots, N$ であり、初期値として $j = 1$ を与える。つまり、入力部1100は、階調値データ K_1 、 K_2 、 K_3 、 \dots 、 K_N を、順次選択し、分光反射率推定装置1200に出力する（ステップST32）。

【0131】

分光反射率推定装置1200は、入力部1100から入力する階調値データ K_j に対応する推定分光反射率 R_j' （ ）を算出し、最適化計算部14に出力する（ステップST33）。なお、分光反射率推定装置1200によって算出される推定分光反射率 R_j' （ ）は、被写体が撮影される際の環境の情報によって推定される数値である。つまり、画像入力装置2000によって取得されるデジタル画像データが撮影される環境は、この推定分光反射率 R_j' （ ）の算出に用いた環境と似ていることが好ましい。

【0132】

次に、ステップST34～44で印刷部137の印刷による予測分光反射率 R （ ）および予測分光反射率 R_D （ ）を算出する為に用いる分光反射率データベース132および分光光学濃度データベース134の作成方法の一例について説明する。なお、ここでステップST34～44において説明する分光反射率データベース132および分光光学濃度データベース134の作成に関しては、図11に示す階調値・網点面積率変換テーブルの作成フローとは独立して行っても構わない。つまり、図11に示す階調値・網点面積率変換テーブルの作成フローは、ステップST34～44の処理を含まず、後述するステップST45において、別フローにおいて算出された混合予測分光反射率 $R_{j,m}$ （ ）を入力するものであってもよい。

【0133】

まず、入力部 131 が、原色 i 毎に設定されるカラーパッチを印刷するための複数段階の網点面積率 X_i % を印刷部 137 に出力する。この印刷部 137 がこの複数段階の網点面積率 X_i % で原色 (C、M、Y) のパッチ部を印刷するとともに、網点面積率 100 % でノイゲバウア原色 (C、M、Y、CM、MY、YC、CMY、W) のパッチ部を印刷する。これにより、網点面積率予測のためのカラーパッチを得る。

そして、測定部 138 が、光学素子を用いてカラーパッチの反射光から分光反射率を得る。この測定部 138 は、原色 i の分光反射率 $R_{\text{measure}, i}$ ()、原色 i ベタの分光反射率 $R_{t, i}$ ()、用紙の分光反射率 R_s ()、およびノイゲバウア原色 L ベタの分光反射率 $R_{t, l}$ () を測定する。そして、この測定部 138 は、原色 i の分光反射率 $R_{\text{measure}, i}$ ()、原色 i ベタの分光反射率 $R_{t, i}$ ()、および用紙の分光反射率 R_s () を分光反射率データベース 132 の原色分光反射率領域 1321 に格納する。また、測定部 138 は、ノイゲバウア原色 L ベタの分光反射率 $R_{t, l}$ () を、ノイゲバウア原色分光反射率領域 1322 に格納する。

【0134】

そして、光学濃度算出部 133 は、分光反射率データベース 132 の原色分光反射率領域 1321 から原色 i の分光反射率 $R_{\text{measure}, i}$ ()、原色 i ベタの分光反射率 $R_{t, i}$ ()、および用紙の分光反射率 R_s () を読み出し、上述の式 (15) に従って、これら分光反射率 R_j () に基づき分光光学濃度 D_j () を算出する。そして、光学濃度算出部 133 は、算出した原色 i の光学濃度 $D_{\text{measure}, i}$ ()、原色 i ベタの光学濃度 $D_{t, i}$ ()、および用紙の光学濃度 D_s () を、分光光学濃度データベース 134 の原色分光光学濃度領域 1341 に格納する。

また、光学濃度算出部 133 は、分光反射率データベース 132 のノイゲバウア原色分光反射率領域 1322 からノイゲバウア原色 L ベタの分光反射率 $R_{t, l}$ () を読み出し、式 (15) に従って、この分光反射率 $R_{t, l}$ () に基づきノイゲバウア原色 L ベタの分光光学濃度 $D_{t, l}$ () を算出する。そして、光学濃度算出部 133 は、算出したノイゲバウア原色 L ベタの分光光学濃度 $D_{t, l}$ () を、分光光学濃度データベース 134 のノイゲバウア原色分光光学濃度領域 1342 に格納する。

これにより、原色分光光学濃度領域 1341 には、原色 i の光学濃度 $D_{\text{measure}, i}$ ()、原色 i ベタの光学濃度 $D_{t, i}$ ()、および印刷媒体である用紙の光学濃度 D_s () が格納され、かつ、ノイゲバウア原色分光光学濃度領域 1342 には、ノイゲバウア原色 L ベタの分光光学濃度 $D_{t, l}$ () が格納される。

【0135】

再び、図 11 に示すフローチャートに沿って、ステップ ST34 以降の階調値・網点面積率変換テーブルの作成フローの続きについて説明する。

入力部 131 は、階調値・網点面積率変換テーブルを作成するために設定される網点設定値 (例えば、複数段階の網点面積率 Y_i % を示す情報) を入力し、分光反射率予測部 135 の分光実効網点面積率算出部 1351 と、分光光学濃度予測部 136 の分光実効網点面積率算出部 1361 に出力する (ステップ ST34)。

ここで、入力部 131 に与える網点面積率 Y_i の初期値は、例えば任意の初期値データセットから選択し、初期値以外は最適化計算部 1400 において逐次更新される網点面積率である。

【0136】

そして、分光実効網点面積率算出部 1351 は、分光反射率データベース 132 の原色分光反射率領域 1321 から原色 i の分光反射率 $R_{\text{measure}, i}$ ()、原色 i ベタの分光反射率 $R_{t, i}$ ()、および用紙の分光反射率 R_s () を読み出し、式 (12) に従って、設定された網点面積率 Y_i % における実効網点面積率 $a_{\text{eff}, i}$ () を原色 CMY ごとに算出する (ステップ ST35)。

この分光実効網点面積率算出部 1351 は、算出した複数段階の網点面積率 Y_i % に対応する実効網点面積率 $a_{\text{eff}, i}$ () { $i = C, M, Y$ } を、ノイゲバウア原色分光網点面積率算出部 1352 に出力する。

【0137】

次いで、ノイゲバウア原色分光網点面積率算出部1352は、分光実効網点面積率算出部1351から入力される実効網点面積率 $a_{eff,i}()$ { $i = C, M, Y$ }に基づき、式(13)に従って、複数段階の網点面積率 $Y_i\%$ に対応するノイゲバウア原色 l の分光網点面積率 $F_{a,l}()$ { $l = C, M, Y, CM, MY, YC, CMY, W$ }を算出する(ステップST36)。

このノイゲバウア原色分光網点面積率算出部1352は、算出したノイゲバウア原色 l の分光網点面積率 $F_{a,l}()$ { $l = C, M, Y, CM, MY, YC, CMY, W$ }を、分光反射率算出部1353に出力する。

【0138】

そして、分光反射率算出部1353は、ノイゲバウア原色分光反射率領域1322から読み出したノイゲバウア原色 l ベタの分光反射率 $R_{t,l}()$ と、ノイゲバウア原色分光網点面積率算出部1352から入力するノイゲバウア原色 l の分光網点面積率 $F_{a,l}()$ に基づき、式(14)に従って、予測分光反射率 $R_j()$ を算出し、混合予測部139に出力する(ステップST37)。

【0139】

ここで、上述した重み係数算出部23(図示せず)が事前に算出した重み係数 w が混合予測部139のメモリ内に保存されている。

混合予測部139は、自身のメモリ内から重み係数 w を示す情報を読み出し、予測分光反射率 $R_j()$ に対して重み係数 $(1-w)$ を重み付けして、 $(1-w) \cdot R_j()$ を算出する(ステップST38)。この混合予測部139は、算出した $(1-w) \cdot R_j()$ を、自身のメモリ内に保存する。

【0140】

分光実効網点面積率算出部1361は、分光光学濃度データベース134の原色分光光学濃度領域1341から原色 i の光学濃度 $D_{measure,i}()$ 、原色 i ベタの光学濃度 $D_{t,i}()$ 、および用紙の光学濃度 $D_s()$ を読み出し、式(16)に従って、原色(C、M、Y)毎に設定された複数段階の網点面積率 $Y_i\%$ における実効網点面積率 $b_{eff,i}()$ を原色CMYごとに算出する(ステップST39)。

この分光実効網点面積率算出部1361は、算出した複数段階の網点面積率 $Y_i\%$ に対応する実効網点面積率 $b_{eff,i}()$ { $i = C, M, Y$ }を、ノイゲバウア原色分光網点面積率算出部1362に出力する。

【0141】

ノイゲバウア原色分光網点面積率算出部1362は、分光実効網点面積率算出部1361から入力される実効網点面積率 $b_{eff,i}()$ { $i = C, M, Y$ }に基づき、式(17)に従って、複数段階の網点面積率 $Y_i\%$ に対応するノイゲバウア原色の分光網点面積率 $F_{b,l}()$ { $l = C, M, Y, CM, MY, YC, CMY, W$ }を算出する(ステップST40)。

このノイゲバウア原色分光網点面積率算出部1362は、算出したノイゲバウア原色の分光網点面積率 $F_{b,l}()$ { $l = C, M, Y, CM, MY, YC, CMY, W$ }を、分光光学濃度算出部1363に出力する。

【0142】

分光光学濃度算出部1363は、ノイゲバウア原色分光網点面積率算出部1362から入力されるノイゲバウア原色の分光網点面積率 $F_{b,l}()$ { $l = C, M, Y, CM, MY, YC, CMY, W$ }と、分光光学濃度データベース134のノイゲバウア原色分光光学濃度領域1342から読み出したノイゲバウア原色 l ベタの分光光学濃度 $D_{t,l}()$ { $l = C, M, Y, CM, MY, YC, CMY, W$ }に基づき、式(18)に従って、予測分光光学濃度 $D_j()$ を算出する(ステップST41)。

この分光光学濃度算出部1363は、算出した予測分光光学濃度 $D_j()$ を分光反射率算出部1364に出力する。

【0143】

10

20

30

40

50

分光反射率算出部 1364 は、式 (19) に従って、分光光学濃度算出部 1363 から入力される予測分光光学濃度 D_j () に基づき予測分光反射率 $R_{j, D}$ () を算出する。この分光反射率算出部 1364 は、算出した予想分光反射率 $R_{j, D}$ () を混合予測部 139 に出力する (ステップ ST42)。

【0144】

混合予測部 139 は、自身のメモリ内から重み係数 w を示す情報を読み出し、予測分光反射率 $R_{j, D}$ () に対して重み係数 w を重み付けして、 $w \cdot R_{j, D}$ () を算出する (ステップ ST43)。この混合予測部 139 は、算出した $w \cdot R_{j, D}$ () を、自身のメモリ内に保存する。

【0145】

混合予測部 139 は、自身のメモリ内から、ステップ ST38 で重み付けされた予測分光反射率 $(1 - w) \cdot R_j$ () と、ステップ ST43 で重み付けされた予測分光反射率 $w \cdot R_{j, D}$ () とを読み出し、式 (20) に従って、混合予測分光反射率 $R_{j, m}$ () を算出する (ステップ ST44)。

この混合予測部 139 は、算出した予測混合分光反射率 $R_{j, m}$ () を最適化計算部 1400 に出力する。

【0146】

最適化計算部 1400 は、ステップ ST33 において分光反射率推定装置 12 が算出した推定分光反射率 R_j' () についての収束判定を行う。

例えば、収束の判定条件は、 $E_j < E_{j, 0}$ ($E_j = |R_{j, m} - R_j'|$ 、 $E_{j, 0}$ は収束条件) とする。この収束条件 $E_{j, 0}$ は、予め決められている。なお、収束条件 $E_{j, 0}$ は、階調データ K_j ごとに異なる値であってもよく、同じ値であってもよい。

この場合、最適化計算部 1400 は、混合予測部 139 から入力する混合予測分光反射率 $R_{j, m}$ () と分光反射率推定装置 1200 から入力する推定分光反射率 R_j' () との差分の絶対値 E_j を、階調データ K_j ごとに算出する。

なお、本発明はこれに限られず、例えば、色差を用いた判定条件を適用するものであってもよい。色差を用いることで、混合予測分光反射率 $R_{j, m}$ () と推定分光反射率 R_j' () との値が大きく異なる場合でも、収束の判定を行うことが可能となる。

【0147】

最適化計算部 1400 は、階調値データ K_j に対応する “混合予測分光反射率 $R_{j, m}$ () と推定分光反射率 R_j' () との差分の絶対値 E_j ” と “収束条件 $E_{j, 0}$ ” とを比較して、差分の絶対値 E_j が収束条件 $E_{j, 0}$ 未満であれば、収束していると判定する。言い換えると、最適化計算部 1400 は、収束条件を満たす場合、分光反射率推定装置 1200 によって算出された階調値データ K_j に対応する推定分光反射率 R_j' () が最適値と決定する。

そして、最適化計算部 1400 は、収束している判定した場合、この推定分光反射率 R_j' () に対応する階調値データ K_j と、階調値・網点面積率変換テーブルを作成するために設定される網点面積率 Y_i とを、階調値・網点面積率対応づけ部 1500 に出力する。

【0148】

次いで、階調値・網点面積率対応づけ部 1500 は、入力する階調値データ K_j と、網点面積率 Y_i とを対応付けて、LUT データベース 1600 内の階調値・網点面積率変換テーブルに書き込み、LUT データベース 1600 に保存する (ステップ ST46)。

そして、階調値・網点面積率対応づけ部 1500 は、すべての階調値データ K_j に対して、網点設定値 Y_i が対応付けられたか否かを判定する (ステップ ST47)。

階調値データ K_N まで網点設定値 Y_i が対応付けられた場合 ($j = N$)、階調値・網点面積率対応づけ部 15 は、階調値・網点面積率変換テーブルの作成処理を終了する。 $j = N$ でない場合 (例えば $j < N$)、階調値・網点面積率対応づけ部 1500 は、ステップ ST32 に戻って、処理を繰り返す。この場合、LUT 作成装置 1000 は、階調値データ

10

20

30

40

50

K_j をカウントアップする ($j \leftarrow j + 1$)。

【0149】

一方、ステップST45において、差分の絶対値 E_j が収束条件 $E_{j,0}$ 以上であれば、最適化計算部1400は、収束条件を充たしていないと判定する。

この場合、最適化計算部1400は、各原色 i の網点面積率 Y_i % を修正する。最適化計算部1400は、各原色 i の網点面積率 Y_i % の修正方法として、例えば、共役勾配法やSimplex法といった逐次近似最適化手法を用いて、修正後の網点面積率 Y_i % を入力部131に出力する。そして、LUT作成装置1000は、ステップST34に戻って、修正後の網点面積率 Y_i % について、ステップST34～45の処理を繰り返す。

【0150】

以上、説明した階調値・網点面積率変換テーブルの作成方法によって、被写体の分光反射率を印刷で近似再現する為の階調値・網点面積率変換テーブルが作成される。ここで説明した方法によると、従来技術のように非常に多くのカラーパッチを用いることなく、少数のカラーパッチの印刷および測定にて、或いは公知の印刷の分光反射率予測モデルと比べて高精度に、LUTの作成が可能となる。

また、階調値・網点面積率変換テーブルの作成時と同一の画像入力条件（撮影光源やカメラの感度特性などを指す）で被写体を撮影することで、図12で説明する方法によって、簡便に被写体の分光反射率を印刷で近似再現することが可能となる。

【0151】

次に、図12を参照して、本実施形態に係る階調値・網点面積率変換テーブルを用いた印刷方法の一例について説明する。図12は、本実施形態に係る階調値・網点面積率変換テーブルを用いた印刷方法の一例を示すフローチャートである。

画像入力装置2000は、デジタル撮像機器を用いて、被写体を含むデジタル画像データを取得する（ステップST51）。例えば、画像入力装置2000は、カメラが被写体を撮影することにより生成されるデジタル画像データをカメラから取得する。なお、画像入力装置2000がカメラ等であって、自身で撮影してデジタル画像データを取得するものであってもよい。

この画像入力装置2000は、取得したデジタル画像データの各画素の階調値を示す階調値情報を階調値・網点面積率変換装置3000に出力する。例えば、画像入力装置2000は、画素数 p ($p = x \times y$) のデジタル画像データを画像処理して、各画素の階調値を示す階調値データ $K_{j,p}$ ($p = 1, 2, \dots, x \times y$) を算出し、この階調値データ $K_{j,p}$ を示す階調値情報を階調値・網点面積率変換装置3000に出力する。

【0152】

次いで、階調値・網点面積率変換装置3000は、LUTデータベース1600に保存されている階調値・網点面積率変換テーブルを参照し、取得したデジタル画像データの各画素 p の階調値データ $K_{j,p}$ を対応する網点面積率 Y_i % の値に変換する。つまり、階調値・網点面積率変換装置3000は、階調値・網点面積率変換テーブルにおいて、階調値データ $K_{j,p}$ と対応づけられている網点面積率 Y_i % を画素 p の色特性を示す網点面積率 Y_i % として取得する。この階調値・網点面積率変換装置3000は、再現色出力装置4000に、各画素 p に対応する網点面積率 Y_i % の値を出力する（ステップST52）。

具体的に説明すると、階調値・網点面積率変換装置3000は、LUTデータベース1600に保存されているテーブルにおいて、デジタル画像データの各画素の階調値データ $K_{j,p}$ と同じ階調値データ K_j と対応付けられている網点面積率 Y_i % を取得し、再現色出力装置4000に出力する。

【0153】

再現色出力装置4000は、取得したデジタル画像データの各画素の階調値データ $K_{j,p}$ に対応する網点面積率 Y_i % に従い、例えば、被写体の画像を媒体上に印刷する。

【0154】

以上のように、分光に拡張したモデル（反射率ベース色予測モデル、光学濃度ベース色

10

20

30

40

50

予測モデル)を用いて予め作成されたLUTを用いることにより、被写体を分光的に撮影することなく、通常用いるような撮影機材で撮影された画像から、分光反射率を印刷で近似再現することが可能となる。つまり、被写体から分光反射率を計測するための装置(例えば、分光側色計やこの機能を備えるカメラ等)を用いることなく、一般的なカメラで撮影した被写体を、分光反射率に基づき算出された再現色により印刷することができる。また、この場合、その都度、被写体の分光反射率の推定を行うこともなく、さらに、その都度、網点面積率算出の為に最適化計算を行うことも必要ない。これは先行技術文献にあるような従来技術では成しえず、簡便さにおいて優れる構成である。

【0155】

また、カラーマッチングの一つの方法として、入力之三刺激値と出力之三刺激値を一致させる方法がとられてきた。一般的に、三刺激値を定量化する空間としてCIE(国際照明委員会)が規定したCIE-XYZ表色系やCIE-Lab表色系を用いる。デジタル撮像機器で取得した画像は、デバイスに非依存な色空間であるXYZ色空間やL*a*b*色空間において処理され、出力される。しかし、この方法は、特定の光源下において被写体の色とそれを再現した色(出力色、再現値)の双方の三刺激値XYZやL*a*b*値が一致していたとしても、異なる照明光源下において異なる値となり、被写体の色を再現できない光源依存といった問題を持つ。

【0156】

そこで、上述の光源依存の問題を解決し、不特定の光源下においても被写体の色を再現するカラーマッチングの方法として、分光的に色を再現する方法が知られている(例えば、特許文献3参照)。そして、分光的に色を再現するカラーマッチングの方法を用いることで、被写体と分光反射率が近い再現を可能とする印刷システムを実現できる。

【0157】

また、印刷システムの構築のためには、一般的にLUTを用いる。カラーマネージメントにおけるLUTは、入力された色情報を印刷で再現するための網点面積率に変換する参照テーブル等がある。LUTの利用により、網点面積率を求めるための計算の回数を削減し、計算を行うデバイスにかかる処理負荷を低減し、処理速度の低下を防ぐことが出来る。

このLUTを作成するために、シアン(C)、マゼンタ(M)、イエロー(Y)、ブラック(K)、レッド(R)、グリーン(G)といった色の出力信号値(印刷では、網点面積率に相当する。)と、これらを印刷してできるカラーパッチの実測から求まる分光反射率データを主成分分析して取得した主成分係数とを対応付けている。

【0158】

このようにしてLUTを用いる場合、被写体が変わるたびに、被写体の分光反射率データの取得とそれに対する主成分分析を必要とする。そのため、分光反射率を撮影にて取得する撮影負荷と、得られた分光反射率から主成分分析を行う計算負荷が大きい。さらに、

LUTの作成には、印刷色の情報を得る為に多くのカラーパッチの印刷、および測定を必要とすることから、印刷の分光反射率データ取得に関わる測定負荷が大きいといった問題点もある。例えば、C、M、Y、K、R、Gの網点面積率を各々5分割した場合は、 $5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 = 15625$ 色のカラーパッチの測定が必要となる。また、精度を高めるためにカラーパッチの数を各々6分割した場合、 $6 \times 6 \times 6 \times 6 \times 6 \times 6 = 46656$ 色のカラーパッチの測定が必要となる。

【0159】

本実施形態に係る印刷システムは、このような事情を考慮し、上記の問題を解決すべくなされたものであって、被写体と印刷色の分光反射率データ取得に関わる負荷を削減し、処理速度を高めることのできるLUT(階調値・網点面積率変換テーブル)を作成・使用することで構成される、被写体の分光反射率を近似再現する印刷システムを提供することができる。

上述の通り、本実施形態に係る階調値・網点面積率変換テーブルは、予め区切られた階調値データ K_j と、網点面積率 Y_i %とを対応付けるテーブルである。すなわち、本実施

10

20

30

40

50

形態に係る L U T 作成装置 1 0 0 0 は、全ての階調値に対応する網点面積率 Y_i % の最適化処理を行っているわけではない。これにより、階調値・網点面積率変換テーブルの作成に要する処理負荷を削減し、作成処理に要する時間を短縮することができる。しかし、階調値・網点面積率変換装置 3 0 0 0 は、この階調値・網点面積率変換テーブルを参照し、テーブルに規定されていない階調値に対応する網点面積率 Y_i % を補間することができる。よって、階調値・網点面積率変換装置 3 0 0 0 は、階調値・網点面積率変換テーブルに規定されていない階調値を示す情報が画像入力装置 2 0 0 0 から入力した場合であっても、この階調値に対応する網点面積率 Y_i % を、階調値・網点面積率変換テーブルを参照するとともに、例えば、補間法や多項式近似等の演算により、求めることができる。

なお、本発明はこれに限られず、階調値・網点面積率変換テーブルは、全ての階調値と網点面積率 Y_i % とを対応付けるテーブルであってもよい。

10

【0160】

ここで、本実施形態に係る色予測において、公知技術による分光反射率予測、および本発明による分光反射率予測により算出される分光反射率について、図 1 3 を参照して説明する。なお、図 1 3 に示すデータは、実験で得られたデータの一例である。

この実験では、印刷部 1 9 あるいは印刷部 1 3 7 6 が網点面積率 1 0 0 % で原色 C M Y を市松模様に印刷したカラーパッチを用いて、このカラーパッチを測定して分光反射率 $R_{measure}()$ を得る。また、上述のステップ S T 2 2 ~ 2 4 あるいはステップ S T 3 5 ~ 3 7 に説明したように、光学濃度ベース色予測モデルである分光光学濃度予測部 1 5 あるいは分光光学濃度予測部 1 3 6 を用いて予測分光反射率 $R_D()$ を算出する。

20

この光学濃度ベース色予測モデルによって得た予測分光反射率 $R_D()$ と分光反射率 $R_{measure}()$ との関係を、図 1 3 (a) に示す。

【0161】

また、上述のステップ S T 2 ~ 5 あるいはステップ S T 3 9 ~ 2 6 に説明したように、反射率ベース色予測モデルである分光反射率予測部 2 1 あるいは分光反射率予測部 1 3 5 を用いて予測分光反射率 $R()$ を算出する。

この反射率ベース色予測モデルによって得た予測分光反射率 $R()$ と分光反射率 $R_{measure}()$ との関係を、図 1 3 (b) に示す。

さらに、上述のステップ S T 1 ~ 5 、 2 2 ~ 2 7 あるいはステップ S T 3 5 ~ 4 4 に説明したように、反射率ベース色予測モデルである分光反射率予測部 2 1 あるいは分光反射率予測部 1 3 5 が算出した予測分光反射率 $R()$ と、光学濃度ベース色予測モデルである分光光学濃度予測部 1 5 あるいは分光光学濃度予測部 1 3 6 が算出した予測分光反射率 $R_D()$ とを、重み係数に応じた割合で混合する混合色予測モデルを用いて混合予測分光反射率 $R_m()$ を算出する。

30

この混合色予測モデルによって得た混合予測分光反射率 $R_m()$ と分光反射率 $R_{measure}()$ との関係を、図 1 3 (c) に示す。

【0162】

図 1 3 (a) に示す通り、光学濃度ベース色予測モデル（光学濃度モデル）によって得た予測分光反射率 $R_D()$ は、分光反射率 $R_{measure}()$ に比べて、その分光反射率が全体的に高くなる。

40

一方、図 1 3 (b) に示す通り、反射率ベース色予測モデル（反射率モデル）によって得た予測分光反射率 $R()$ は、分光反射率 $R_{measure}()$ に比べて、その分光反射率が全体的に低くなる。

このように、光学濃度ベース色予測モデルによって得た予測分光反射率 $R_D()$ と、反射率ベース色予測モデルによって得た予測分光反射率 $R()$ は、分光反射率 $R_{measure}()$ に対して相反する値をとる関係であることがわかる。

なお、このような両モデルから得られる予測分光反射率 $R_D()$ と予測分光反射率 $R()$ とが相反する関係であることは、他のカラーパッチを用いた実験において得られたデータも示すものであった。

この関係を利用して、混合色予測モデルが、両モデルから得られる予測分光反射率 $R_D()$

50

()と予測分光反射率 R ()とを重み係数 w に応じた割合で混合し、混合予測分光反射率 R_m ()を算出する。これにより、図13(c)に示す通り、実測値である分光反射率 $R_{measure}$ ()に近い混合予測分光反射率 R_m ()を算出することができる。

【0163】

なお、本発明は、上記実施形態に限定されず、以下のような構成であってもよい。

例えば、上記実施形態においては、説明簡略化のため、3色の一次色原色におけるモデルの説明を行ったが、本発明はこれに限られず、例えばプロセス4色や、特色を含めた5色以上を用いる印刷部19や印刷機のカラーマッチングにおいても利用可能である。

また、重み係数算出部23は、網点面積率50%に対応する二次色の予測分光反射率 $R_{D,k}$ ()を読み出して重み係数 w を算出する例を説明したが、本発明はこれに限られず、二色以上の多次色で印刷されたカラーパッチから得られる予測分光反射率 $R_{D,k}$ ()であればよい。また、網点面積率も50%以外であってもよい。

さらに、式(4)の演算式に示したように自然対数を用いて、分光反射率に基づき分光光学濃度を算出する例を説明したが、本発明はこれに限られず、例えば、10を底とした常用対数を用いるのもであってもよい。

【0164】

また、図7に説明した混合色予測モデルにおいて、光学濃度算出部13による光学濃度の算出は、分光反射率予測部21および分光光学濃度予測部15による予測分光反射率および予測分光光学濃度の算出ができるタイミングであればよく、その順番は問わない。

また、分光反射率予測部21が予測分光反射率を算出する処理と、分光光学濃度予測部15が予測分光反射率を算出する処理は、その順番は任意に決められてよく、並行して同時に行われてもよく、いずれか一方が先に処理を行った後に他方の処理が行われる順番であってもよい。

また、図11に説明した印刷システムにおける階調値・網点面積率変換テーブルの作成方法において、分光光学濃度算出部133による分光光学濃度の算出は、分光反射率予測部135および分光光学濃度予測部136による予測分光反射率および予測分光光学濃度の算出ができるタイミングであればよく、その順番は問わない。

また、分光反射率予測部135が予測分光反射率を算出する処理と、分光光学濃度予測部136が予測分光反射率を算出する処理は、その順番は任意に決められてよく、並行して同時に行われてもよく、いずれか一方が先に処理を行った後に他方の処理が行われる順番であってもよい。

【0165】

さらに、上述において、原色 i の分光反射率 $R_{measure,i}$ ()、原色 i ベタの分光反射率 $R_{t,i}$ ()、用紙の分光反射率 R_s ()、ノイゲバウア原色1ベタの分光反射率 $R_{t,1}$ ()等、カラーパッチからの反射光を測定し、この測定された分光反射光を用いると説明した。しかし、本発明はこれに限られず、以下に示すようなクベルカ・ムンクの式を用いて実測値に近似する分光反射率を算出するものであってもよい。この場合、色予測装置100、200、あるいは印刷物分光反射率予測装置1300は、このクベルカ・ムンクの式に従って実測値に近似する分光反射率を算出し、この算出された値である原色 i の分光反射率 $R_{measure,i}$ ()、原色 i ベタの分光反射率 $R_{t,i}$ ()、用紙の分光反射率 R_s ()、ノイゲバウア原色1ベタの分光反射率 $R_{t,1}$ ()等、上述と同様の記憶領域に記憶させる構成部材(図示せず)を備える。

【0166】

【数 2 1】

クベルカ・ムンクの式

$$R_{KM}(\lambda) = \frac{1 - R_g(\lambda)(a(\lambda) - b(\lambda)(\operatorname{ctgh}(b(\lambda)S(\lambda)X)))}{a(\lambda) - R_g(\lambda) + b(\lambda)(\operatorname{ctgh}(b(\lambda)S(\lambda)X))}$$

10

$$a(\lambda) = \frac{S(\lambda) + K(\lambda)}{S(\lambda)}$$

$$b(\lambda) = (a(\lambda)^2 - 1)^{1/2}$$

ただし、

20

 $R_{KM}(\lambda)$: クベルカ・ムンクの式より算出した反射率

反射率が R_g の下地の上に吸収係数 K 、散乱係数 S の着色層が厚み X だけ
 存在した場合の反射率

 $R_g(\lambda)$: 下地の反射率 $K(\lambda)$: 吸収係数

30

 $S(\lambda)$: 散乱係数 X : 着色層の厚み

【0167】

なお、上述した第1～3実施形態において、色予測装置100、200、LUT作成装置1000、および印刷物分光反射率予測装置1300による機能を実現するためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行してもよい。なお、ここでいう「コンピュータシステム」とは、OSや周辺機器等のハードウェアを含むものであってもよい。また、「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、フレキシブルディスク、光磁気ディスク、ROM、フラッシュメモリ等の書き込み可能な不揮発性メモリ、CD-ROM等の可搬媒体、コンピュータシステムに内蔵されるハードディスク等の記憶装置のことをいう。

40

【0168】

さらに「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、インターネット等のネットワークや電話回線等の通信回線を介してプログラムが送信された場合のサーバやクライアントとなるコンピュータシステム内部の揮発性メモリ（例えばDRAM（Dynamic Random Access Memory））のように、一定時間プログラムを保持しているものも含むものとする。ま

50

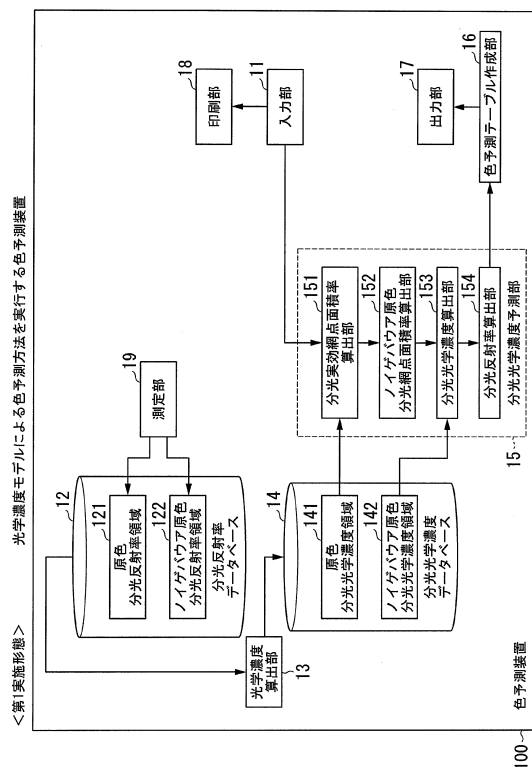
た、上記プログラムは、このプログラムを記憶装置等に格納したコンピュータシステムから、伝送媒体を介して、あるいは、伝送媒体中の伝送波により他のコンピュータシステムに伝送されてもよい。ここで、プログラムを伝送する「伝送媒体」は、インターネット等のネットワーク（通信網）や電話回線等の通信回線（通信線）のように情報を伝送する機能を有する媒体のことをいう。また、上記プログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであってもよい。さらに、前述した機能をコンピュータシステムにすでに記録されているプログラムとの組み合わせで実現できるもの、いわゆる差分ファイル（差分プログラム）であってもよい。

【符号の説明】

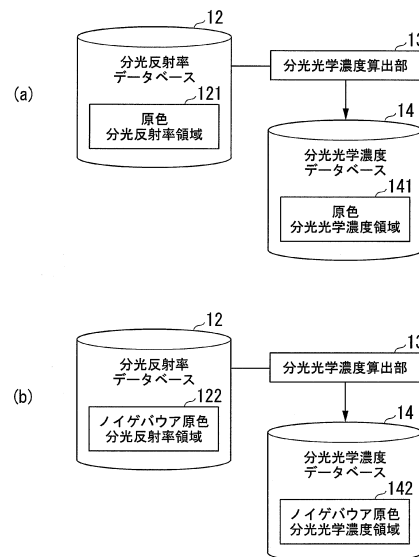
【0169】

100、200・・・色予測装置、11・・・入力部、12・・・分光反射率データベース、13・・・光学濃度算出部、14・・・分光光学濃度データベース、15・・・分光光学濃度予測部、16・・・色予測テーブル作成部、17・・・出力部、21・・・分光反射率予測部、22・・・多次色分光反射率データベース、23・・・重み係数算出部、24・・・混合予測部、1000・・・LUT作成装置、1100・・・入力部、1200・・・分光反射率推定装置、1300・・・印刷物分光反射率予測装置、1400・・・最適化計算部、1500・・・階調値・網点面積率対応づけ部、1600・・・LUTデータベース、2000・・・画像入力装置、3000・・・階調値・網点面積率変換装置、4000・・・再現色出力装置、131・・・入力部、132・・・分光反射率データベース、133・・・光学濃度算出部、134・・・分光光学濃度データベース、135・・・分光反射率予測部、136・・・分光光学濃度予測部、137・・・印刷部、138・・・測定部、139・・・混合予測部、16・・・色予測テーブル作成部、17・・・出力部、21・・・分光反射率予測部、22・・・多次色分光反射率データベース、23・・・重み係数算出部、24・・・混合予測部

【図1】

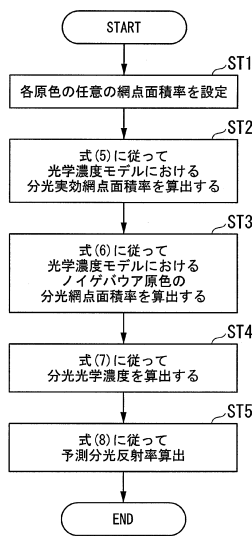


【図2】

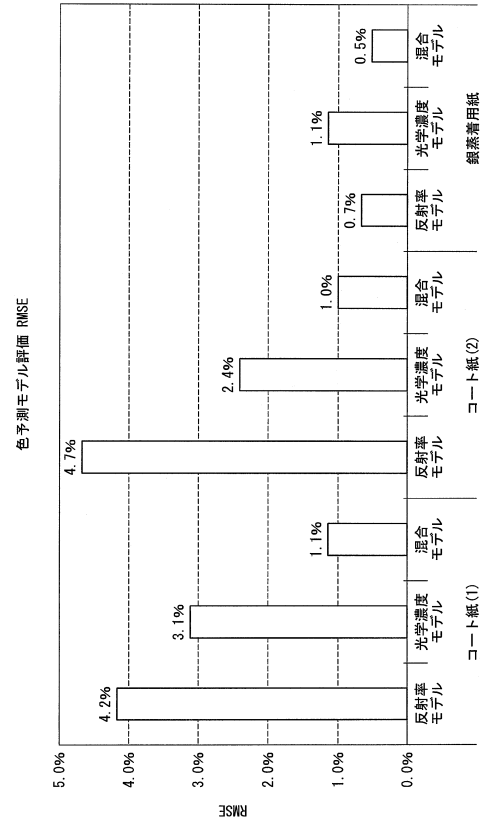


【図3】

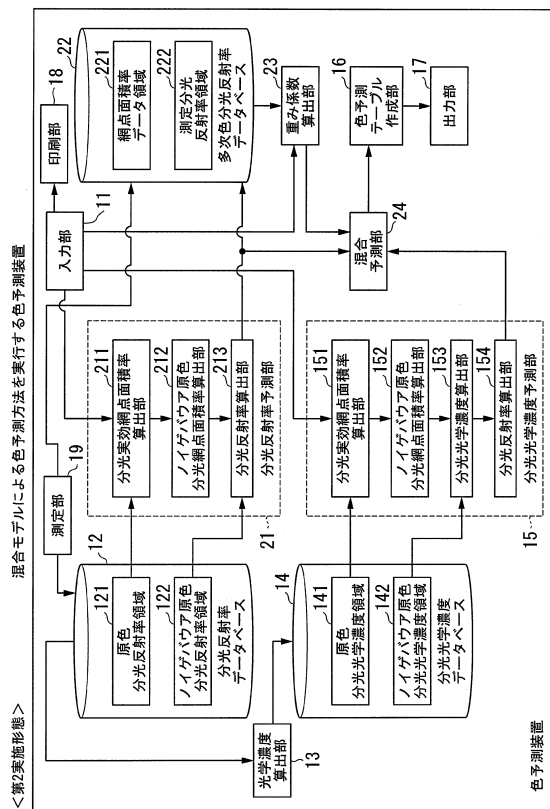
＜第1実施形態＞
光学濃度モデルによる色予測方法



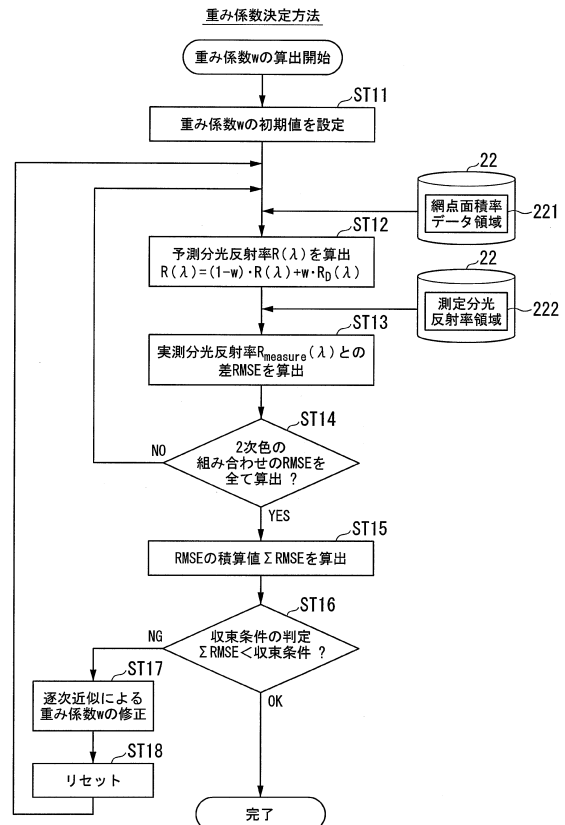
【図4】



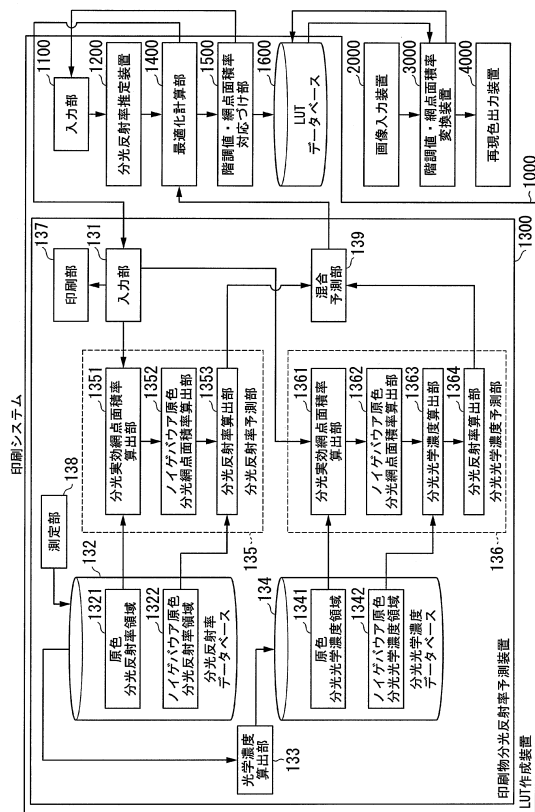
【図5】



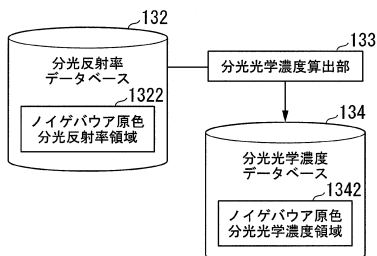
【図6】



【圖 8】



【 図 1 1 】

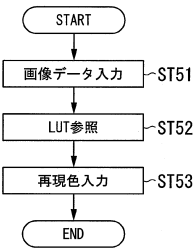


```

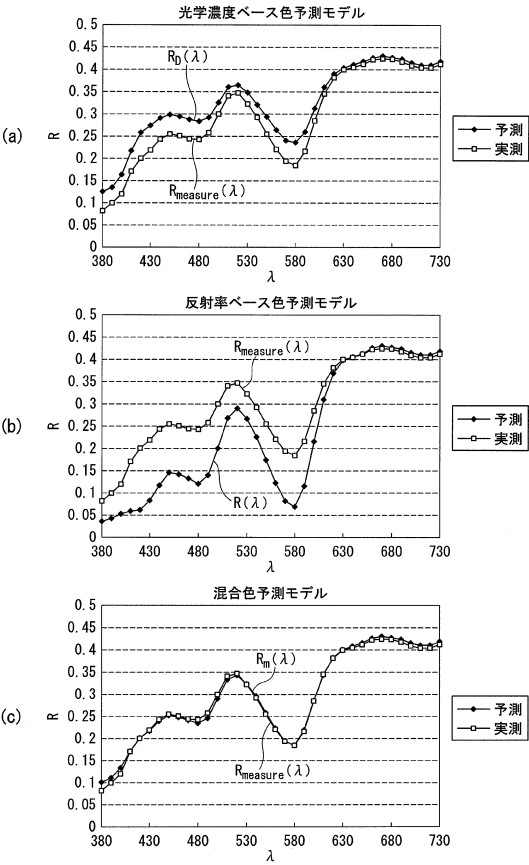
graph TD
    START([START]) --> ST31[N個の階調値データを取得]
    ST31 --> ST32[階調値データjを選択(j=1, 2, ..., N)]
    ST32 --> ST33[分光反射率R_j'(λ)を推定]
    ST33 --> ST34[各原色の網点面積率を設定]
    ST34 --> ST35[反射率モデルにおける  
分光実効網点面積率を算出]
    ST34 --> ST39[光学濃度モデルにおける  
分光実効網点面積率を算出]
    ST35 --> ST36[反射率モデルにおける  
ノイズバウア原色の  
分光実効網点面積率を算出]
    ST36 --> ST37[予測分光反射率  
R_j(λ)を算出]
    ST37 --> ST38[係数による重み付け  
(1-w)・R_j(λ)]
    ST39 --> ST40[光学濃度モデルにおける  
ノイズバウア原色の  
分光実効網点面積率を算出]
    ST40 --> ST41[予測分光光学濃度を算出]
    ST41 --> ST42[予測分光反射率  
R_j,D(λ)を算出]
    ST42 --> ST43[係数による重み付け  
w・R_j,D(λ)]
    ST38 --> ST44[予測混合分光反射率R_j,m(λ)を算出  
R_j,m(λ)=(1-w)・R_j(λ)+w・R_j,D(λ)]
    ST43 --> ST44
    ST44 --> ST45{E_j < E_j,0}
    ST45 -- YES --> ST46[階調値と  
網点面積率を対応付け]
    ST45 -- NO --> ST48[逐次近似解の修正]
    ST46 --> ST47{j=j+1}
    ST47 -- NO --> ST47
    ST47 -- YES --> END([END])
    ST48 --> ST44

```


【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】

階調値・網点面積率変換テーブル

変換元				変換先		
階調値データKj				網点面積率Yi		
	R	G	B	C	M	Y
1	0	0	0	100	100	100
2	0	0	15	100	85	47
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
N	255	255	255	0	0	0

フロントページの続き

- (72)発明者 飯野 浩一
東京都台東区台東 1 丁目 5 番 1 号 凸版印刷株式会社内
- (72)発明者 堀内 智博
東京都台東区台東 1 丁目 5 番 1 号 凸版印刷株式会社内
- (72)発明者 鈴木 紳也
東京都台東区台東 1 丁目 5 番 1 号 凸版印刷株式会社内

審査官 大室 秀明

- (56)参考文献 特開 2 0 0 5 - 2 9 4 9 7 6 (J P , A)
特開 2 0 0 8 - 0 1 7 2 9 3 (J P , A)
国際公開第 2 0 0 6 / 0 5 4 5 2 1 (W O , A 1)
米国特許出願公開第 2 0 0 5 / 0 2 1 9 5 9 3 (U S , A 1)
米国特許出願公開第 2 0 0 5 / 0 0 9 4 1 7 1 (U S , A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

B 4 1 J 2 / 5 2 - 2 / 5 2 5
G 0 1 J 3 / 0 0 - 4 / 0 4
G 0 1 J 7 / 0 0 - 9 / 0 4
G 0 6 T 1 / 0 0 - 1 / 4 0
G 0 6 T 3 / 0 0 - 5 / 5 0
G 0 6 T 9 / 0 0 - 9 / 4 0
H 0 4 N 1 / 4 0 - 1 / 4 0 9
H 0 4 N 1 / 4 6 - 1 / 4 8
H 0 4 N 1 / 5 2
H 0 4 N 1 / 6 0