

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5039144号
(P5039144)

(45) 発行日 平成24年10月3日(2012. 10. 3)

(24) 登録日 平成24年7月13日(2012. 7. 13)

(51) Int. Cl.

F I

G O 1 N 21/27 (2006.01)

G O 1 N 21/27

B

請求項の数 2 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2009-538395 (P2009-538395)	(73) 特許権者	390023674
(86) (22) 出願日	平成19年11月19日(2007. 11. 19)		イー・アイ・デュポン・ドウ・ヌムール・
(65) 公表番号	特表2010-510520 (P2010-510520A)		アンド・カンパニー
(43) 公表日	平成22年4月2日(2010. 4. 2)		E. I. DU PONT DE NEMO
(86) 国際出願番号	PCT/US2007/024179		URS AND COMPANY
(87) 国際公開番号	W02008/063606		アメリカ合衆国、デラウェア州、ウイルミ
(87) 国際公開日	平成20年5月29日(2008. 5. 29)		ントン、マーケット・ストリート 100
審査請求日	平成22年11月10日(2010. 11. 10)		7
(31) 優先権主張番号	60/860, 085	(74) 代理人	100082005
(32) 優先日	平成18年11月20日(2006. 11. 20)		弁理士 熊倉 禎男
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100088694
(31) 優先権主張番号	60/873, 827		弁理士 弟子丸 健
(32) 優先日	平成18年12月8日(2006. 12. 8)	(74) 代理人	100103609
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 井野 砂里

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 限られた測定データでゴニオ外観性材料の双方向反射分布関数を生成するための方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

限られた測定データを用いて、固体媒質中に効果フレーク顔料を含んでいるゴニオ外観性材料の双方向反射分布関数(B R D F)を生成するためのコンピュータで実行される方法であって、

(A)(1) 照射角および反射散乱角の関数である、前記ゴニオ外観性材料のスペクトルデータまたは測色データを含む測光データおよび(2) 前記ゴニオ外観性材料の前記固体媒質の屈折率を取得して、コンピュータ・デバイスに入力するステップであって、前記測光データが(a) 前記ゴニオ外観性材料の測定値、(b) 前記ゴニオ外観性材料の測定値を含んでいるデータベースからの前記ゴニオ外観性材料の以前の測定データまたは(c)

(B) 上記のステップ(A)からの非線形測光データをいずれも線形測光データに変換するステップと；

(C) 前記線形測光データに関連した前記照射角および前記反射散乱角ならびに前記媒質の屈折率を用いて、対応する効果フレーク角を計算するステップと；

(D) コンピュータの実行によって、前記線形測光データおよび前記効果フレーク角データに、前記線形測光データを効果フレーク角の連続関数として記述する式をあてはめるステップと；

(E) ステップ(F)で生成する前記B R D Fの計算に必要な照射角および反射散乱角のそれぞれの組合わせに関して、前記対応する効果フレーク角を、前記固体媒質の照射角

10

20

、反射散乱角および屈折率から計算するステップと；

(F) 上記のステップ (E) からの前記対応する効果フレーク角と上記のステップ (D) で得られた前記式とから前記 B R D F の各値を計算することにより、照射角および反射散乱角のそれぞれの組合わせに関して前記 B R D F を生成するステップと
を任意の適切な順序で含む、コンピュータで実行される方法。

【請求項 2】

限られた測定データを用いて、固体媒質中に効果フレーク顔料を含んでいるゴニオ外観性材料の双方向反射分布関数 (B R D F) を生成するシステムであって、

(1) コンピュータ・デバイスと；

(2) コンピュータ読取り可能プログラムと

を含み、そのコンピュータ読取り可能プログラムにより、操作員および前記コンピュータ・デバイスが、

(A) (1) 照射角および反射散乱角の関数である、前記ゴニオ外観性材料のスペクトルデータまたは測色データを含む測光データおよび (2) 前記ゴニオ外観性材料の前記固体媒質の屈折率を取得して、コンピュータ・デバイスに入力するステップであって、前記測光データが (a) 前記ゴニオ外観性材料の測定値、(b) 前記ゴニオ外観性材料の測定値を含んでいるデータベースからの前記ゴニオ外観性材料の以前の測定データまたは (c) 前記ゴニオ外観性材料に関する模擬データから得られるものである、ステップと；

(B) 上記のステップ (A) からの非線形測光データをいずれも線形測光データに変換するステップと；

(C) 前記線形測光データに関連した前記照明角度および前記反射散乱角ならびに前記媒質の屈折率を用いて、対応する効果フレーク角を計算するステップと；

(D) コンピュータの実行によって、前記線形測光データおよび前記効果フレーク角データに、前記線形測光データを効果フレーク角の連続関数として記述する式をあてはめるステップと；

(E) ステップ (F) で生成する前記 B R D F の計算に必要な照射角および反射散乱角のそれぞれの組合わせに関して、前記対応する効果フレーク角を、前記固体媒質の照射角、反射散乱角および屈折率から計算するステップと；

(F) 上記のステップ (E) からの前記対応する効果フレーク角と上記のステップ (D) で得られた前記式とから前記 B R D F の各値を計算することにより、照射角および反射散乱角のそれぞれの組合わせに関して前記 B R D F を生成するステップと
を実行する、システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ゴニオ外観性 (g o n i o a p p a r e n t) の材料または表面の、特に金属フレーク顔料または特殊な効果フレーク顔料 (e f f e c t f l a k e p i g m e n t s) (典型的には色相変化干渉顔料 (h u e s h i f t i n g i n t e r f e r e n c e p i g m e n t s) である) などの効果フレーク顔料を含んでいる材料または表面の双方向反射分布関数 (B R D F) を、限られた測定データで生成するための方法に関する。

【背景技術】

【0002】

最も一般的で広く受け入れられている、材料のスペクトルおよび空間の反射散乱特性を記述する手段は、双方向反射分布関数 (B R D F) を使用するものである。B R D F は材料の表面の外観の基本的記述であり、他の多数の外観属性 (光沢、曇り、および色など) は、特定の位置関係 (g e o m e t r i e s) およびスペクトル条件についての B R D F の積分によって表わすことができる。B R D F を明記することは、自動車、化粧品および電子機器などの消費者製品の市場性にとって極めて重要である。材料に関連した微細構造が B R D F に影響を及ぼすので、B R D F の測定から特異性を推測できることがよくある

10

20

30

40

50

。BRDFが表わす反射散乱光の角分布は、様々な位置関係条件下での材料の外観をレンダリングするかまたは色の見え方（color appearance）を予測するのに使用できる。レンダリングまたは色予測の質は、レンダリングを行う材料のBRDFの精度に大きく左右される。

【0003】

ゴニオ外観性の物体または材料は、照射角または目視角（viewing angle）が変わるとその外観が変化するという特性を示す。金属フレーク顔料または特殊な効果フレーク顔料（真珠光沢フレーク顔料など）を含んでいる自動車の仕上材料（塗料）は、ゴニオ外観性材料の例である。単一の測定位置関係で特徴付けることができるソリッドカラーとは異なり、ゴニオ外観性の色では、色の見え方特性を表すために様々な照射位置関係および目視位置関係のもとで測定する必要がある。金属フレークを含んでいる仕上材料は、一般にはいろいろな非鏡面反射角（aspecular angle）で色の測定を3回行うことによって特徴付けられる。ASTM規格E-2194（本明細書に援用する）は、金属フレーク顔料を含んだ材料の多角度色測定用の標準実施法を記載している。色相変化材料である特殊な効果フレーク顔料（真珠光沢顔料など）を含んでいる仕上材料も、その呈色挙動を特徴付けるために、非鏡面反射角と照射角の両方が異なる複数の位置関係で測定しなければならない。

10

【0004】

ビデオ画面または印刷媒体上に物体をレンダリングするために、あるいはそうではなく所与の照射および目視位置関係での色の見え方を予測するためには、照射角と目視角の何千もの組み合わせでの物体の色を計算しなければならない。

20

【0005】

必要とされる照射および目視の組み合わせすべてを計算する作業に使用されてきた基本的な技法には3つある。

【0006】

1）第1技法は、変角分光測光器（goniospectrophotometer）（つまり、ゴニオ測色計）などの計測器を用いて、幾千もの照射と目視の組み合わせで物体の色を実際に測定するものである。これには、中間の位置関係での物体の色を予測するためのデータの内挿を十分な精度で行うことができるように、十分な数の測定を行うことが必要とされる。しかし、必要とされる位置関係の柔軟性および光測精度（photometric accuracy）を有する計測器は高価であり、非常に遅い。1つの色を完全に特徴付けるのに、この技法では数時間の測定時間が必要とされる。

30

2）第2技法は、仕上げ（色）の物理モデルを開発し、次いで放射伝達理論などの技法を用いて、必要とされる角度の組み合わせすべてでの色を計算するものである。この種の技法を用いて視覚的に満足のゆくレンダリングを生み出すことができるが、物理標準（physical standard）の挙動と一致させるためのモデルの開発および調整は極めて困難かつ時間のかかるものであり、実際のところ十分な忠実度で行うのは不可能であろう。

3）第3技法は、最初の2つを組み合わせたものであり、第1技法よりも測定がかなり少なくてもよく、しかも第2技法よりも仕上げのモデルの厳密度がかなり低くてもよいという利点がある。この第3技法は、レンダリングする物体の色測定を限られた回数（典型的には3～5回）だけ行い、次いで必要とされる角度の組み合わせにその測定データの内挿を組み込んで使用することが関係する。この技法は、ゴニオ外観性材料の色特性を保管するのに通常用いられるデータベースにすでに含まれている3角度測定データを利用できる。このデータを他の角度の組み合わせに外挿するのに用いられるモデルは、個別の調整が必要ではなく、材料の表面の単純な物理パラメーターに基づくものである。

40

【0007】

実際の物理標準と一致しかつ単なる「本物のように見える」合成色ではない、おびただしい数の色を測定する必要があるレンダリングまたは色予測アプリケーションにとって、上述の組み合わせ技法は好ましい解決法である。

50

【 0 0 0 8 】

A l m a n (米国特許第 4 , 4 7 9 , 7 1 8 号明細書) により、吸収顔料および / または散乱顔料と一緒に金属フレーク顔料を含んでいる仕上材料を特徴付けるための 3 非鏡面反射角測定システムが、最終的に幅広く採用されることになった。この測定システムは、A S T M E - 2 1 9 4 および D I N 6 1 7 5 - 2 のような国際規格の基礎となる。実際、この特徴付けの取り組み方は、顔料着色がいったん確立されたなら、色相変化 (真珠光沢) 顔料を含んでいる仕上材料の配合および制御にも効果的である。

【 0 0 0 9 】

3 つの非鏡面反射角で行う測定によって材料のゴニオ外観性の呈色挙動を記述するという概念は、配合および制御に役立ち、様々な測定位置関係または目視位置関係のもとで一対の試料が一致するかどうかを予測するのに使用できるが、測定位置関係および目視位置関係が変わるとき、それは材料の絶対色 (a b s o l u t e c o l o r) を予測するのに十分適していない。例えば、照射角が変わるとき、非鏡面反射測定で予測されるその同じ一般色の変化は保たれるが、色の変化の大きさはうまく予測されない。図 2 は、金属フレーク顔料を含んでいる自動車塗料標本に関して様々な照射角で、非鏡面反射角との関係で三刺激値 Y をプロットしたものを示している。非鏡面反射角が小さくなるにつれて Y の値が増大する傾向があるが、照射角が変わると、所与の非鏡面反射角での Y の絶対値に大きな差がある。

10

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

20

【 0 0 1 0 】

任意の測定位置関係または目視位置関係における標本の絶対色を、限られた組の色の測定 (< 1 0) から予測する方法が必要とされている。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 1 】

本発明は、限られた測定データを用いて、固体媒質中に効果フレーク顔料を含んでいるゴニオ外観性材料の双方向反射分布関数 (B R D F) またはその様々に正規化された変量を生成するためのコンピュータで実行される方法であって、

(A) (1) 照射角および反射散乱角の関数である、ゴニオ外観性材料のスペクトルデータまたは測色データを含む測光データおよび (2) ゴニオ外観性材料の固体媒質の屈折率を取得して、コンピュータ・デバイスに入力するステップであって、測光データが (a) ゴニオ外観性材料の測定値、(b) ゴニオ外観性材料の測定値を含んでいるデータベースからのゴニオ外観性材料の以前の測定データまたは (c) ゴニオ外観性材料に関する模擬データから得られるものである、ステップと；

30

(B) 上記のステップ (A) からの非線形測光データをいずれも線形測光データに変換する (例えば、非線形測色データ (L^* , a^* , b^*) を線形データ (X , Y , Z) に変換する) ステップと；

(C) 線形測光データに関連した照射角および反射散乱角ならびに媒質の屈折率を用いて対応する効果フレーク角を計算するステップと；

(D) コンピュータの実行によって、線形測光データおよび効果フレーク角に、線形測光データを効果フレーク角の連続関数として記述する式をあてはめるステップと；

40

(E) ステップ (F) で生成する B R D F の計算に必要な照射角および反射散乱角のそれぞれの組合わせに関して、対応する効果フレーク角を、固体媒質の照射角、反射散乱角および屈折率から計算するステップと；

(F) 上記のステップ (E) からの対応する効果フレーク角と上記のステップ (D) で得られた式とから B R D F の各値を計算することにより、照射角および反射散乱角のそれぞれの組合わせに関して B R D F を生成するステップと

を任意の適切な順序で含む、コンピュータで実行される方法に関する。

【 0 0 1 2 】

また、本発明は、ゴニオ外観性材料の B R D F を生成するためのシステムであって、操

50

作員によって上記のステップ（Ａ）～（Ｆ）が実行されるようにするコンピュータ読取り可能プログラムを利用するコンピュータ・デバイスを含むシステムに関する。

本発明をさらに完全に理解するため、またその利点をさらに理解するために、これから以下の添付図面と併せて行う以下の詳細な説明を参照されたい。

【図面の簡単な説明】

【００１３】

【図１】ＢＤＲＦの決定に使用される位置関係を示す。

【図２】金属フレーク顔料を含んでいる自動車塗料標本に関して幾つかの照射角で、非鏡面反射角との関係で三刺激値Ｙをプロットしたものを示す。

【図３】塗膜中に浮遊する金属フレークから光線がどのように鏡面反射されるかを示す概略図を示す。

【図４】本発明で具現化されたアルゴリズムを使用して、図２に示されているデータの照射角依存性をどのようになくすることができるかを示す。

【図５】本発明の実施例での説明のステップ（Ｂ）で用いた３つの測定値を示す。

【図６】非鏡面反射角との関係から効果フレーク角との関係への図５のデータの変換を示す。

【図７】実施例の効果フレーク角データに次の形の式をあてはめたものを示す。

【数１】

$$\rho'_{\theta_f} = A \times \exp\left(-\frac{\theta_f}{B}\right) + C$$

式(1)

【図８】曲線のあてはめを、曲線のあてはめの計算に使用されなかった測定データの残りと比較したものを示す。

【図９】曲線のあてはめから逆算した測定データの予測を示す。

【図１０】測定データとあてはめたデータとを比較したものを示す。

【図１１】測定データとあてはめたデータとの比較、およびデータへの線形回帰のあてはめを示す。

【発明を実施するための形態】

【００１４】

本発明の特徴および利点は、以下の詳細な説明を読むことにより当業者にいっそう容易に理解されるであろう。明快にするために別々の実施態様の文脈において上記および下記に説明されている本発明の特定の特徴は、１つの実施態様で組み合わせて提供することもできることを理解すべきである。その反対に、簡潔にするために１つの実施態様の文脈の中で説明されている本発明の様々な特徴を、別々にまたは任意の副次的な組み合わせで提供することもできる。加えて、単数形での言及は、文脈で特に明記されていない限り、複数を含むこともできる（例えば、「１つ（ａ）」および「１つ（ａｎ）」は、１つまたは１つ以上を指すことができる）。

【００１５】

本出願で指定されている様々な範囲の数値の使用は、特に明確に述べられていない限り、近似値として示されているのであり、示されている範囲内の最小値および最大値はどちらも「約」がその前に付いているものと見なされる。このように、示されている範囲の上および下のわずかな変化値は、その範囲内の値と実質的に同じ結果を得るのに使用できる。また、こうした範囲の開示は、最小値と最大値との間のすべての値を含む連続的な範囲を意図している。

【００１６】

本明細書で言及している特許、特許出願および刊行物はすべてその全体を本明細書に援

10

20

30

40

50

用する。

【 0 0 1 7 】

本明細書では以下の用語を使用している：

【 0 0 1 8 】

「効果フレーク顔料」としては、アルミニウムフレーク、被覆アルミニウムフレーク、金フレーク、銅フレークなどの金属フレーク顔料があり、また色相変化を引き起こす真珠光沢顔料（被覆雲母フレーク、被覆 Al_2O_3 フレーク、被覆ガラスフレーク、被覆 SiO_2 フレークなど）などの特殊な効果フレーク顔料がある。

【 0 0 1 9 】

「非鏡面反射角」は、特に明記されていない限り、照射面において鏡面反射方向から測定した目視角である。非鏡面反射角の正の値は、照射軸に向かう方向である。

10

【 0 0 2 0 】

「効果フレーク角」は、効果フレーク顔料の表面法線と試料標本の表面法線との間の角度である。

【 0 0 2 1 】

「ゴニオ外観性」は、照射角または目視角が変わると外観が変化することに関連している。

【 0 0 2 2 】

「ゴニオ外観（gonio appearance）」は、照射角または目視角が変わると標本の外観が変化する現象である。

20

【 0 0 2 3 】

A S T M 規格 E 2 3 8 7 - 0 5（本明細書に援用する）は、表面からの反射光散乱の量および角分布を測定するための手順を記載しており、本発明の説明に用いられる用語の多くについて正確な定義を提供している。A S T M 規格 E 2 3 8 7 - 0 5 中に見出されない用語の定義は、A S T M 用語規格 E 2 8 4（本明細書に援用する）に見出されるであろう。

【 0 0 2 4 】

B R D F（双方向反射分布関数）は、任意の材料（本明細書ではゴニオ外観性材料を意味する）の測光データの集合を意味し、材料の反射光散乱測光特性を照射角および反射散乱角の関数として表わすことになる。これは、ゴニオ外観性材料のスペクトルおよび空間の反射散乱性を記述するもっとも一般的かつ広く受け入れられている手段の1つであり、材料の外観の基本的な説明を提供する。他の多くの外観属性（光沢、曇り、および色など）は、特定の位置関係およびスペクトル条件についての B R D F の積分によって表わすことができる。

30

【 0 0 2 5 】

B R D F は、波長、入射方向、散乱方向、ならびに入射束と反射散乱束の偏光状態に依存する。B R D F は、投射角の単位当たりの反射散乱される入射束部分と同等である。

【 数 2 】

$$f_r(\Theta_i, \Theta_s, \lambda) = \frac{dL_{(s)}(\Theta_i, \Theta_s, \lambda)}{dE_{(i)}(\Theta_i, \lambda)}$$

40

式 (2)

上式において、下付き文字 i および r はそれぞれ入射および反射を表し、 Θ_i は光伝搬の方向であり、 λ は光の波長であり、 L は放射輝度であり、 E は放射照度である。B R D F で用いられる位置関係を図 1 に示す。上式において、 Θ_i および Θ_s はそれぞれ照射散乱ベクトルおよび反射散乱ベクトルである。 \mathbf{p}_s は標本の表面法線ベクトルであ

50

る。 θ_i および θ_r はそれぞれ照射極角および反射散乱極角であり、 ϕ_i および ϕ_r はそれぞれ照射方位角および反射散乱方位角である。「 x, y, z 」はデカルト座標軸である。

【0026】

実際には、ゴニオ外観性材料のBRDFは、標本のBRDFと完全拡散反射面（1 / と定義される）との比である方向立体角反射率（directional reflectance factor） R_d で表わされることが多くあり、以下により示される。

【数3】

$$R_d = \pi f_r$$

10

式(3)

【0027】

色の作業では、BRDFは測色BRDFとして表わされることが多い。測色BRDFは、散乱位置関係の関数として3つの色座標で構成される。CIE規格測色標準観測者の1つに関するCIE等色関数

【数4】

$$[\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)]$$

20

およびCIE規格イルミナント $S(\quad)$ を用いて、測色BRDFは次のように定義される。

【数5】

$$f_{r(\text{color}, X)} = k \int_{\lambda} f_r(\lambda) S(\lambda) \bar{x} d(\lambda) \quad \text{式(4)}$$

$$f_{r(\text{color}, Y)} = k \int_{\lambda} f_r(\lambda) S(\lambda) \bar{y} d(\lambda) \quad \text{式(5)}$$

$$f_{r(\text{color}, Z)} = k \int_{\lambda} f_r(\lambda) S(\lambda) \bar{z} d(\lambda) \quad \text{式(6)}$$

30

【0028】

正規化因子 k の定義は次のとおりである。

【数6】

$$k = \left(\int_{\lambda} S(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda \right)^{-1} \quad \text{式(7)}$$

40

【0029】

特定のイルミナント（例えば、CIE規格イルミナントD65）、一式の等色関数（例えば、CIE1964標準観測者）および表色系（例えば、CIELAB）を指定し、データ（ある場合）と一緒に含めなければならない。

【0030】

本特許においては、記号

【数7】

$$f_r$$

で示されているBRDFという用語は、F. E. Nicodemus, J. C. Rich

50

mond, J. J. Hsia, I. W. Ginsberg, および T. Limperis 著 “Geometrical considerations and nomenclature for reflectance,” NBS Monograph 160 (National Bureau of Standards, Washington, D. C., 1977) に略述された反射率による BRDF の公式の定義、ならびに立体角反射率に基づく BRDF の正規化された変量のいずれかを含むことを意図している。こうした変量としては、方向立体角反射率

【数 8】

$$f_{r(R, \lambda)}$$

10

または測色 BRDF 変量で線形のもの

【数 9】

$$(\text{例えば、} f_{r(\text{color}, X)}, f_{r(\text{color}, Y)}, f_{r(\text{color}, Z)})$$

または非線形のもの

【数 10】

$$(\text{例えば、} f_{r(\text{color}, L^*)}, f_{r(\text{color}, a^*)}, f_{r(\text{color}, b^*)})$$

20

のいずれか（これには、図形レンダリングアプリケーションでしばしば使用される RGB 空間で生成される BRDF

【数 11】

$$(\text{例えば、} f_{r(RGB, R)}, f_{r(RGB, G)}, f_{r(RGB, B)})$$

が含まれる)があるが、これらに限定されない。本発明の基本的なステップは、BRDF の変量のすべてについて同じであるが、ある色空間を別のものに変換するためのデータの前処理または後処理（当業者に周知である）に相違がある。

30

【0031】

照射角または目視角が変化すると効果フレーク顔料を含んでいる材料からの反射散乱光の強度が変化するのは、仕上材料内の効果フレーク顔料の角分布が原因である。典型的には、塗装工程において、基材に施された塗膜の乾燥時に、塗料の結合剤中に懸濁された効果フレーク顔料は、被覆される基材表面に対しておおむね平行に配向する傾向がある。こうした顔料は小さな鏡の役目を果たし、顔料に当たる光を鏡のように反射する。所与の位置関係で鏡面反射体として働くように配向している効果フレーク顔料のフレークの比率が高くなるほど、反射強度は大きくなる。効果フレーク顔料を含む材料の標本作製の他の手段でも、標本作製方法（例えば、射出成形または注入成形）に応じて、ある程度は効果フレーク顔料のフレークは配向することになる。

40

【0032】

図 2 に示すように、照射角に応じて所与の非鏡面反射角における反射強度が異なる主な理由は、非鏡面反射位置関係が材料の表面法線を基準にして計算されるからである。しかしながら、塗膜での屈折効果があるため、これは塗膜中の効果フレーク顔料の角分布を直接的に表わすものではない。効果フレーク顔料を屈折率が (1.0) の媒質中に懸濁させた場合、照射の角度は問題にならないであろう。しかし、この場合はそうではないので、膜の屈折効果を補正するための手段が必要である。

【0033】

光が標本表面を出入りするときの光の屈折を補正する方法を用いて、図 2 のデータの照射角依存性を図 4 に示すように取り除くことができる。

50

【 0 0 3 4 】

以下に、図 2 で明らかなデータの照射角依存性を取り除くために用いる方法、および処理したデータから B R D F を後で生成することについて段階的に説明する。この説明では、標本面はデカルト座標系の x - y 面にあると仮定されている。

【 0 0 3 5 】

標本の B R D F を生成するための方法の第 1 ステップ (A) では、照射角 θ_i および反射散乱角 θ_r の関数としてスペクトルデータまたは測色データのいずれかを含む測光データ (θ_i, θ_r) を取得し、コンピュータ・デバイスへ入力する。このデータは、データベース (ここで、この測光データは典型的には 3 つの異なる角度で以前に測定されたものである) から取得できるか、または典型的には 3 つの異なる角度で標本の測定を実際に行うことによって取得できるか、または典型的には 3 つの異なる角度での標本の模擬データとして取得できる。一般に使用される照射角および反射散乱角の組合わせは、45 : -30 (15 の場合)、45 : 0 (45 の場合) および 45 : 65 (110 の場合) であり、これらは 15、45 および 110 度の非鏡面反射角になる。非鏡面反射角の組合わせ 15、45、および 75 度ならびに 25、45 および 75 度になるようなものなど、同様の非鏡面反射角の組合わせになる他の適切な照射角と反射散乱角の組合わせを使用してもよい。

【 0 0 3 6 】

光度測定値 (photometric measurements) は、日本国東京の村上色彩技術研究所 (Murakami Color Research Laboratory, Tokyo, Japan) から入手可能な Model GCMS Goniospectrophotometric Measurement System、またはニュージャージー州ローレンスビルのデータカラー・インターナショナル・インコーポレーティッド (Datacolor International Incorporated, Lawrenceville, NJ) から入手可能な MultiFX10 型分光光度計、またはミシガン州グランドビルの X ライト・インコーポレーティッド (X-Rite Incorporated, Grandville, MI) から入手可能な MA68 型分光光度計などの計測器で取得できる。

【 0 0 3 7 】

効果フレーク顔料を含んでいるマトリックス (塗料など) の屈折率は、ニュージャージー州ベニントンのメトリコン・コープ (Metricon Corp., Pennington N.J.) から入手可能な Model 2010 Prism Coupler などの装置で測定するか、またはデータベースから検索して求めることができる。

【 0 0 3 8 】

方法のステップ (B) では、方法のステップ (A) からの非線形測光データはいずれも測光線形基底に変換しなければならない。例えば、CIE L A B 色座標 (一般的に、 L^* a^* b^* または L a b と呼ばれる) として表わされる測光データはいずれも、線形 X、Y、Z 三刺激空間に変換しなければならない。 L^* a^* b^* 色値は当業者によく知られており、視覚的均等色空間における座標を表す。またこれは、国際照明委員会によって明示された以下の式で X、Y および Z の三刺激値と関連付けられる。

L^* は明度軸を定義する。

【 数 1 2 】

$$L^* = 116 \left[f \left(\frac{Y}{Y_0} \right) - \frac{16}{116} \right]$$

(式 8)

10

20

30

40

a^* は赤緑軸を定義する。

【数 1 3】

$$a^* = 500 \left[f\left(\frac{X}{X_0}\right) - f\left(\frac{Y}{Y_0}\right) \right]$$

(式 9)

10

b^* は黄青軸を定義する。

【数 1 4】

$$b^* = 200 \left[f\left(\frac{Y}{Y_0}\right) - f\left(\frac{Z}{Z_0}\right) \right]$$

(式 10)

20

上式で、

X_0 、 Y_0 および Z_0 は、所与のイルミナントの完全白色の三刺激値である。

また上式で、

$f(Y/Y_0) = (Y/Y_0)^{1/3}$ (Y/Y_0 が0.008856より大きい場合)、

$f(Y/Y_0) = 7.787(Y/Y_0) + 16/116$ (Y/Y_0 が0.00885

6以下の場合)；

$f(X/X_0)$ および $f(Z/Z_0)$ の定義は同様である。

【0039】

方法のステップ(B)(上の式を用いたもの)では、使用したそれぞれの角度の組合せの $L^*a^*b^*$ 値は、コンピュータ擬似コードの以下のセクションに略述されているよう
にしてX、Y、およびZの三刺激値に変換される。

30

If $L^* < 7.99962$

Then $YYN = L^* / 903.3$ 式(11)

Else $YYN = ((L^* + 16) / 116)^3$ 式(12)

End If

$Y = YYN \times Y_0$ 式(13)

If $YYN > 0.008856$

Then $FYYN = YYN^{1/3}$ 式(14)

Else $FYYN = 7.787 \times YYN + 0.13793$ 式(

15)

40

End If

$FXN = a^* / 500 + FYYN$ 式(16)

If $FXN > 0.206893$

Then $XXN = FXN^3$ 式(17)

Else $XXN = (FXN - 0.13793) / 7.787$ 式(18

)

End If

$X = XXN \times X_0$ 式(19)

$FZZN = FYYN - b^* / 200$ 式(20)

If $FZZN > 0.206893$

50

Then $Z Z N = F Z Z N^3$ 式 (2 1)

Else $Z Z N = (F Z Z N - 0 . 1 3 7 9 3) / 7 . 7 8 7$ 式 (2 2

)

End IF

$Z = Z Z N * Z_0$ 式 (2 3)

上式で、

X_0 、 Y_0 および Z_0 は上述の三刺激値である。

また上式で、

$Y Y N$ 、 $F Y Y N$ 、 $X X N$ 、 $F X X N$ 、 $Z Z N$ 、 $F Z Z N$ は、計算時にのみ使用される中間変数である。

10

上記の各式はASTM規格E 308 (本明細書に援用する)に示されている。

【0040】

方法のステップ(C)では、データを非鏡面反射角基準から効果フレーク角基準へ変換することにより、データの照射角依存性が取り除かれる。これを達成するために、照射光線 $j = (j_x, j_y, j_z)$ 、反射散乱光線 $r = (r_x, r_y, r_z)$ 、および標本法線 p それぞれについての単位方向ベクトル i 、 r および p を計算する。

$i = (i_x, i_y, i_z)$ (式 2 4)

$r = (r_x, r_y, r_z)$ (式 2 5)

$p = (p_x, p_y, p_z)$ (式 2 6)

上式で、

$i_x^2 + i_y^2 + i_z^2 = 1$ (式 2 7)

20

ステップ(A)で取得されたデータで表わされるそれぞれの位置関係について上記のようになる。

【0041】

方向余弦 i_x 、 i_y 、 i_z は、極角 θ_i および方位角 ϕ_i から次のようにして決まる。

$i_x = \sin \theta_i \cos \phi_i$ 式 (2 8)

$i_y = \sin \theta_i \sin \phi_i$ 式 (2 9)

$i_z = \cos \theta_i$ 式 (3 0)

【0042】

次に、入射光線の方向ベクトル i と標本の表面法線 p との間の挟角 i_p の余弦を計算する。

30

$\cos i_p = i_x^* p_x + i_y^* p_y + i_z^* p_z$
(式 3 1)

【0043】

同様に、反射散乱光線の方向ベクトル r と標本の表面法線の方向ベクトル p との間の挟角 r_p の余弦も計算する。

$\cos r_p = r_x^* p_x + r_y^* p_y + r_z^* p_z$
(式 3 2)

角度 i_p および r_p をそれぞれ角度 $\angle ABD$ および $\angle CBD$ として図3に2次元で示す。

40

【0044】

図3に2次元で示すように、入射光線

【数15】

\overrightarrow{AB}

が標本マトリックスの表面を通過するとき、それは光線

【数 1 6】

 \overrightarrow{BF}

のように表面法線

【数 1 7】

 \overrightarrow{BG}

10

に向かって屈折する。同様に、反射散乱光線

【数 1 8】

 $\overrightarrow{GB'}$

は、光線

【数 1 9】

 $\overrightarrow{B'D'}$

20

として標本マトリックスから出てゆくとき、表面法線

【数 2 0】

 $\overrightarrow{B'C}$

から離れる方へ屈折する。光線

【数 2 1】

 \overrightarrow{BG}

30

および

【数 2 2】

 $\overrightarrow{GB'}$

40

はそれぞれ、マトリックス内照射光線 i およびマトリックス内反射散乱光線 r を表す。次に、スネルの法則のベクトル形式を使用して、標本マトリックスの屈折率 n_2 および空気の屈折率 n_1 と併せて上記の角度 $\angle ABD$ (θ_{ip}) および上記の $\angle CBD$ (θ_{rp}) から、マトリックス内照射光線 i の方向ベクトル i' およびマトリックス内反射散乱光線 r の方向ベクトル s' を求める。

【数 2 3】

$$\begin{aligned} \cos \tau_{i'p} &= \sqrt{1 - \left(\frac{\eta_1}{\eta_2}\right)^2 \left(1 - (\cos \tau_{ip})^2\right)} \\ \mathbf{i}'_{\alpha,\beta,\gamma} &= \left(\frac{\eta_1}{\eta_2}\right) \mathbf{i}_{\alpha,\beta,\gamma} + \left(\cos \tau_{i'p} - \frac{\eta_1}{\eta_2} \cos \tau_{ip}\right) \mathbf{p}_{\alpha,\beta,\gamma} \end{aligned} \quad 10$$

(式 33 および 34)

および

$$\begin{aligned} \cos \tau_{r'p} &= \sqrt{1 - \left(\frac{\eta_1}{\eta_2}\right)^2 \left(1 - (\cos \tau_{rp})^2\right)} \\ \mathbf{r}'_{\alpha,\beta,\gamma} &= \left(\frac{\eta_1}{\eta_2}\right) \mathbf{r}_{\alpha,\beta,\gamma} + \left(\cos \tau_{r'p} - \frac{\eta_1}{\eta_2} \cos \tau_{rp}\right) \mathbf{p}_{\alpha,\beta,\gamma} \end{aligned} \quad 20$$

(式 35 および 36)

【0045】

効果フレーク顔料のフレークが特定位置関係で鏡面反射体として働くためには、その表面法線が、マトリックス内照射光線とマトリックス内反射散乱光線とによって形成される角を二等分しなければならない。効果フレーク顔料のフレークの表面法線ベクトルは次のようにして計算する。 30

$$\mathbf{f} = \mathbf{i}' + \mathbf{r}'$$

(式 37)

\mathbf{f} をそのデカルト形式 $\mathbf{f} = (f_x, f_y, f_z)$ からその球座標形式 $\mathbf{f} = (r, \theta_f, \phi_f)$ に変換する。極角 θ_f は、標本の表面法線に対する効果フレーク顔料の表面法線の角度（これを効果フレーク角と呼ぶ）を表す。

【0046】

方法のステップ(D)では、ステップ(B)からの線形測光データ ρ' およびステップ(C)からの効果フレーク角データ θ_f に、効果フレーク角の連続関数として測光データを記述する式を、コンピュータによる実行によってあてはめる。この式の有用な関数形式は、次の形の指数関数的減衰 + 定数の式である。 40

【数 2 4】

$$\rho'_{\theta_f} = A \times \exp\left(-\frac{\theta_f}{B}\right) + C$$

(式 1)

上式で、A、B、Cは、曲線のあてはめの過程で計算される重み定数 (weighting constants) である。

【0047】

指数関数的減衰関数は典型的なデータにあてはめるのに十分適しているが、他の関数形式の式 (これも有用でありうる) もある。

【0048】

方法のステップ (E) では、BRDFで計算するそれぞれの位置関係について、測定位置関係の代わりにBRDF位置関係を用いて方法のステップ (C) で説明したのと同じ手順で、その位置関係の効果フレック角 θ_r を計算する。

【0049】

方法のステップ (F) では、BRDFで計算するそれぞれの位置関係について、次の式を解いてBRDFの値を計算する。

【数25】

$$f_r(\theta_i, \phi_i, \theta_r, \phi_r) = A \times \exp\left(-\frac{\theta_f(\theta_i, \phi_i, \theta_r, \phi_r, \eta_2)}{B}\right) + C$$

(式38)

これは、方法のステップ (E) からの

【数26】

$$\theta_{f(\theta_i, \phi_i, \theta_r, \phi_r, \eta_2)}$$

の値および方法のステップ (D) からの重み係数A、B、Cを使用して行う。

【0050】

任意選択のステップ (G) では、ステップ (A ~ F) で計算する線形BRDF値は、必要に応じて非線形BRDF値に変換できる。例えば、所望の最終BRDFが非線形 $L^*a^*b^*$ 空間である場合、それはXYZ空間の線形BRDFから計算しなければならない。この変換の数学は当業者に知られている。

【0051】

BRDFがいったん生成されたなら、BRDFに含まれるデータを多種多様な目的に使用できる。最も広く用いられているBRDFデータの用途の1つは、幾つかの表示媒体 (ビデオディスプレイ装置、印刷媒体、写真媒体など) 上の物体の外観をレンダリングするものである。BRDFに基づく表示R、G、B値の生成、表示R、G、B値と物体の形状との統合、および物体の外観のレンダリングのための方法および計算アルゴリズムは、当業者によく知られている。物体のレンダリングを行うのに利用できる様々な市販および著作権のあるコンピュータプログラムもあり、それには、カリフォルニア州ロサンゼルス (Bunkspeed of Los Angeles, CA) のU-Drive、スウェーデン国イエーテボリのオプティコアAB (Opticore AB of Gothenburg, Sweden) のOpus Realizer、カリフォルニア州サンラファエルのオートデスク (Autodesk of San Rafael, CA) のMayaなどがある。

【0052】

BRDFに基づく物体の外観のレンダリングのための方法の例を、以下に簡単に述べることができる。ユーザーは最初に、物体に施す色を選択する。選択した色に対応する色データは、色データベースから検索するか、または当業者によく知られている方法を用いて物体を測定することによって取得する。その方法は、Rupieperら (米国特許第6

10

20

30

40

50

、618,050号明細書)およびVoyeら(米国特許第6,977,650号明細書)によって詳細にわたって説明されている。前述の米国特許第6,618,050号明細書の第4欄第62行~第8欄第44行、および前述の米国特許第6,977,650号明細書の第6欄第5行~第11欄第45行を本明細書に援用する。要するに、物体の画像または表面構造が十分な数の多角形にファセット(facet)されて、多角形データが生成される。1つまたは複数の照射角および目視角を選択するかまたはシミュレートして、照射角および目視角データを生成することができる。本発明に基づく多角形データ、照射角および目視角のデータ、およびBRDFデータは計算過程に組み込まれて、選択された色のBRDFのX,Y,Z色データが、前記照射角および目視角のもとでの選択色の外観を反映するX,Y,Z表示データに変換される。X,Y,Z表示データは、当業者が必要と判断したとおりに拡大または縮小することができる。R,G,B表示データはX,Y,Z表示データに基づいて定義できる。表示装置に応じて、R,G,B表示データは表示装置のプロファイルに基づいて調整または調節する場合がある。多角形の複数の画素のそれぞれ、照射角および目視角のそれぞれ、および十分な数の多角形のそれぞれについて、この過程が繰り返される。その後、物体の外観が表示装置によって表示される。

【0053】

レンダリングアプリケーションに用いることに加えて、本発明で生成されるBRDFに含まれるデータは他の様々な用途に使用できる。絶対色または反射データは、効果フレーク顔料を含む塗装仕上材料またはプラスチック成形物の配合に役立つ顔料混合物モデルと組み合わせて、多種多様な照射および目視条件での色合を評価し確実にするために使用できる。BRDFデータは、少し異なる位置関係で観察者に示される、同じかまたは異なる材料で被覆された表面間の視覚的差(visual between surfaces)を予測するのに使用できる。例えば、BRDFデータを用いて、車体と車のフェーシア(バンパーカバーまたはその他の外装など)との間の色合を評価することができる。2つ以上の標本のBRDFデータから計算した色差データは、多種多様な、色のシェーディングおよび制御のアプリケーションに使用できる。上に挙げたBRDFデータの使用例はこのデータの典型的な使用法を示すが、それはBRDFデータの使用法がそれらに限定されることを意味するわけでも、そのすべてを示していることを意味するわけでもない。

【実施例】

【0054】

本発明を以下の実施例でさらに明確に示す。この実施例は、本発明の好ましい実施態様を示すが、単なる例として示してあることを理解すべきである。上記の説明およびこの実施例から、当業者は本発明の本質的な特性を見定めることができ、本発明の精神および範囲を逸脱しない範囲で本発明に様々な変更および修正を加えて様々な用途および条件に適合させることができる。

【0055】

実施例1

以下の実施例では、金属フレークの効果フレーク顔料を含んでいる自動車塗料の試料用の L^* 測色BRDFを生成するのに必要なステップを示し、説明する。測色 L^* 軸は単なる一例として用いられており、同じ基本ステップが他の測色BRDF軸または方向立体角反射率の計算に必要である。

【0056】

方法のステップ(A)では、試料標本を、製造業者が確立した手順に従って調整したModel GCMS Goniospectrophotometric Measurement Systemに入れた。標本の $L^*a^*b^*$ 測定を以下の一組の照射および目視位置関係で行う。

- 1) $i_1 = 45$ 度、 $i_1 = 0$ 度、 $s_1 = 30$ 度、 $s_1 = 180$ 度
- 2) $i_2 = 45$ 度、 $i_2 = 0$ 度、 $s_2 = 0$ 度、 $s_2 = 0$ 度
- 3) $i_3 = 45$ 度、 $i_3 = 0$ 度、 $s_3 = 75$ 度、 $s_3 = 0$ 度

【0057】

10

20

30

40

50

これらの位置関係は、それぞれ15度、45度、および110度の非鏡面反射角での測定を表す。取得した $L^*a^*b^*$ 測定値は以下のとおりである。

- 1) $L^*_1 = 33.90$ 、 $a^*_1 = -7.58$ 、 $b^*_1 = -36.61$
- 2) $L^*_2 = 12.29$ 、 $a^*_2 = 1.19$ 、 $b^*_2 = -25.77$
- 3) $L^*_3 = 3.07$ 、 $a^*_3 = 2.09$ 、 $b^*_3 = -13.24$

【0058】

さらに、塗料マトリックスの屈折率を、製造業者が確立した推奨手順に従って設定および調整したMetricon Model 2010 Prism Couplerで測定する。標本マトリックスの屈折率 n_2 を測定すると、1.5109である。

【0059】

10

上記のデータに加えて、 $L^*a^*b^*$ の測定を他の様々な測定位置関係でも行った。これは本発明に必要なものではないが、本発明の有用性を示すためにこの実施例において後ほど用いられる。

【0060】

方法のステップ(B)では、ステップ(A)で取得した測光データを調べると、そのデータが非線形 $L^*a^*b^*$ データであって、それゆえに線形基底に変換しなければならないこと(この場合、三刺激 X, Y, Z 空間への変換がふさわしい)が分かる。式(11~23)を用いて、 L^*, a^*, b^* データを X, Y, Z データに変換する。この実施例では L^* 測色BRDFの生成のみを示しているにすぎないので、 L^* 値には X 成分も Z 成分もないため、 Y 値を計算する。上で取得された3つの測定値に関連した Y 値は次のとおりである。

20

- 1) $Y_1 = 7.96$
- 2) $Y_2 = 1.45$
- 3) $Y_3 = 0.34$

図5は、この Y データを非鏡面反射角に対してプロットしたものを示す。

【0061】

方法の説明のステップ(C)で略述した式を用いて、測光データに関連した測定位置関係を効果フレーク角基準に変換する。測定のそれぞれに関連した効果フレーク角は次のとおりである。

- 1) $\theta_1 = 4.25$ 度
- 2) $\theta_2 = 13.82$ 度
- 3) $\theta_3 = 32.07$ 度

30

【0062】

図6は、 Y データに関して、非鏡面反射角基準(四角記号)から効果フレーク角基準(円形記号)への変換を表すプロットを示す。

【0063】

方法のステップ(D)では、方法のステップ(B)からの測光データ(この実施例における Y データ)および方法のステップ(C)からの効果フレーク角データ θ_f に次の形の式を、コンピュータによる実行によりあてはめる。

【数27】

40

$$\rho'_{\theta_f} = A \times \exp\left(-\frac{\theta_f}{B}\right) + C$$

(式1)

この式の係数である A, B, C は次のとおりである。

$A = 17.86$ 、 $B = 1.45$ 、 $C = 0.34$

50

【 0 0 6 4 】

図 7 は、効果フレーク角に対してプロットした上記の係数を持つ上記の関数のグラフを示す。実験データの点（円形記号）が正確に当てはまることに注目されたい。

【 0 0 6 5 】

方法のステップ（E）では、BRDFで計算するそれぞれの位置関係について、測定位置関係の代わりにBRDF位置関係を用いて方法のステップ（C）で説明したのと同じ手順で、その位置関係の効果フレーク角を計算する。この実施例においては、上記の実施例のステップ（A）で行った追加の測定と関連した測定位置関係を、組み込んで使用するBRDF位置関係として使用する。

【 0 0 6 6 】

図 8 は、元のデータによる曲線のあてはめの上に重ね合わせた、効果フレーク角基準への変換後の上記のステップ（A）で取得した追加測定値（extra）のプロットを示す。予測データ（実線曲線（solid curve））と測定データ（菱形記号）との間のみごとな一致に注目されたい。測定データは多種多様な照射角で行った測定を表すので、これは、本発明で略述した方法が図（2）に示されているようなデータの照射角依存性を取り除くことができることを実証している。図（9）は、非鏡面反射角に対してもう一度プロットしたBRDF予測データを示す。図（10）は、非鏡面反射角に対してプロットした測定データとあてはめデータとの比較を示す。図（11）は、データの線形回帰あてはめと一緒に、測定データと予測データをプロットしたものを示す。回帰あてはめの傾きが1.0の値に近く、切片の値が0.0の値に近く、さらに当てはまりの良さ統計量（goodness-of-fit statistic）である R^2 値が1.0に近いことは、このモデル（したがって本明細書で略述した手順）が、効果顔料を含んでいる標本のBRDFを非常に限られた量のデータ（この場合は、3つの測定点）で予測するのに有効であることを示す。予期されるように、予測データ対測定データでの非常に大きな逸脱は、あてはめた曲線の傾きが急勾配である場合に起こり、ここに示されている非常に小さな逸脱は、この技法を用いて生み出されるレンダリングでは視覚的に容認できないとは考えられない。

【 0 0 6 7 】

この同じ手順は、大抵の色相変化顔料（被覆雲母フレークなど）などを含んでいる仕上材料でもうまくゆくことが明らかにされた。

また、好ましい実施態様として、本発明を次のように構成することもできる。

1. 限られた測定データを用いて、固体媒質中に効果フレーク顔料を含んでいるゴニオ外観性材料の双方向反射分布関数（BRDF）を生成するためのコンピュータで実行される方法であって、

（A）（1）照射角および反射散乱角の関数である、前記ゴニオ外観性材料のスペクトルデータまたは測色データを含む測光データおよび（2）前記ゴニオ外観性材料の前記固体媒質の屈折率を取得して、コンピュータ・デバイスに入力するステップであって、前記測光データが（a）前記ゴニオ外観性材料の測定値、（b）前記ゴニオ外観性材料の測定値を含んでいるデータベースからの前記ゴニオ外観性材料の以前の測定データまたは（c）前記ゴニオ外観性材料に関する模擬データから得られるものである、ステップと；

（B）上記のステップ（A）からの非線形測光データをいずれも線形測光データに変換するステップと；

（C）前記線形測光データに関連した前記照射角および前記反射散乱角ならびに前記媒質の屈折率を用いて、対応する効果フレーク角を計算するステップと；

（D）コンピュータの実行によって、前記線形測光データおよび前記効果フレーク角データに、前記線形測光データを効果フレーク角の連続関数として記述する式をあてはめるステップと；

（E）ステップ（F）で生成する前記BRDFの計算に必要な照射角および反射散乱角のそれぞれの組合わせに関して、前記対応する効果フレーク角を、前記固体媒質の照射角、反射散乱角および屈折率から計算するステップと；

(F) 上記のステップ(E)からの前記対応する効果フレーク角と上記のステップ(D)で得られた前記式とから前記BRDFの各値を計算することにより、照射角および反射散乱角のそれぞれの組合わせに関して前記BRDFを生成するステップとを任意の適切な順序で含む、コンピュータで実行される方法。

2. 前記生成したBRDFを用いて材料の外観をレンダリングする、上記1に記載のコンピュータで実行される方法。

3. ゴニオ外観性材料のBRDFの正規化された変量を求める、上記1に記載のコンピュータで実行される方法。

4. 前記生成したBRDFを用いて、ステップ(A)で明確に測定されなかった角度での標本の絶対測色データまたはスペクトル反射データを計算する、上記1に記載のコンピュータで実行される方法。

10

5. 前記生成したBRDFを用いて、ステップ(A)で明確に測定されなかった位置関係での一対の標本の色差、すなわちスペクトル反射差データを計算する、上記1に記載のコンピュータで実行される方法。

6. 照射角および反射散乱角の3つの組合わせをステップ(A)および後続のステップで用いる、上記1に記載のコンピュータで実行される方法。

7. 照射角および反射散乱角の10個までの組合わせをステップ(A)および後続のステップで用いる、上記6に記載のコンピュータで実行される方法。

8. 前記3つの照射角および反射散乱角の組合わせにより、15度、45度および110度の非鏡面反射角での検出となる、上記6に記載のコンピュータで実行される方法。

20

9. 前記BRDFを空間テクスチャ情報と組み合わせて材料の外観をレンダリングする、上記2に記載のコンピュータで実行される方法。

10. 前記物体がビデオディスプレイ装置上にレンダリングされる、上記2に記載のコンピュータで実行される方法。

11. 前記物体が印刷媒体上にレンダリングされる、上記2に記載のコンピュータで実行される方法。

12. 前記物体が写真媒体上にレンダリングされる、上記2に記載のコンピュータで実行される方法。

13. 前記ゴニオ外観性材料中の前記顔料がアルミニウムフレーク顔料である、上記1に記載のコンピュータで実行される方法。

30

14. 前記ゴニオ外観性材料中の前記顔料が色相変化フレーク顔料である、上記1に記載のコンピュータで実行される方法。

15. 前記BRDFを非線形基底に変換する任意選択のステップ(G)を含む、上記1に記載のコンピュータで実行される方法。

16. 限られた測定データを用いて、固体媒質中に効果フレーク顔料を含んでいるゴニオ外観性材料の双方向反射分布関数(BRDF)を生成するシステムであって、

(1) コンピュータ・デバイスと;

(2) コンピュータ読取り可能プログラムと

を含み、そのコンピュータ読取り可能プログラムにより、操作員および前記コンピュータ・デバイスが、

40

(A) (1) 照射角および反射散乱角の関数である、前記ゴニオ外観性材料のスペクトルデータまたは測色データを含む測光データおよび(2) 前記ゴニオ外観性材料の前記固体媒質の屈折率を取得して、コンピュータ・デバイスに入力するステップであって、前記測光データが(a) 前記ゴニオ外観性材料の測定値、(b) 前記ゴニオ外観性材料の測定値を含んでいるデータベースからの前記ゴニオ外観性材料の以前の測定データまたは(c) 前記ゴニオ外観性材料に関する模擬データから得られるものである、ステップと;

(B) 上記のステップ(A)からの非線形測光データをいずれも線形測光データに変換するステップと;

(C) 前記線形測光データに関連した前記照明角度および前記反射散乱角ならびに前記媒質の屈折率を用いて、対応する効果フレーク角を計算するステップと;

50

(D) コンピュータの実行によって、前記線形測光データおよび前記効果フレイク角データに、前記線形測光データを効果フレイク角の連続関数として記述する式をあてはめるステップと；

(E) ステップ(F)で生成する前記BRDFの計算に必要な照射角および反射散乱角のそれぞれの組合わせに関して、前記対応する効果フレイク角を、前記固体媒質の照射角、反射散乱角および屈折率から計算するステップと；

(F) 上記のステップ(E)からの前記対応する効果フレイク角と上記のステップ(D)で得られた前記式とから前記BRDFの各値を計算することにより、照射角および反射散乱角のそれぞれの組合わせに関して前記BRDFを生成するステップと
を実行する、システム。

10

17. 前記BRDFを非線形基底に変換する任意選択のステップ(G)を含む、上記16に記載のシステム。

【図1】

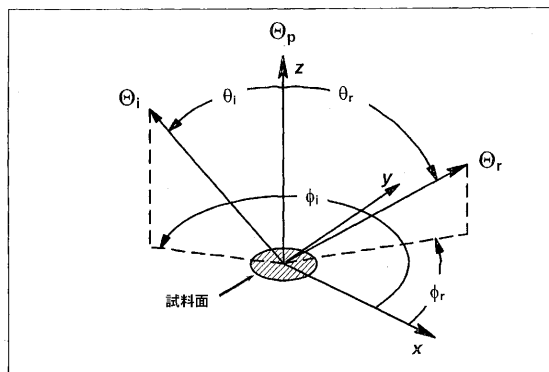


Figure 1

【図3】

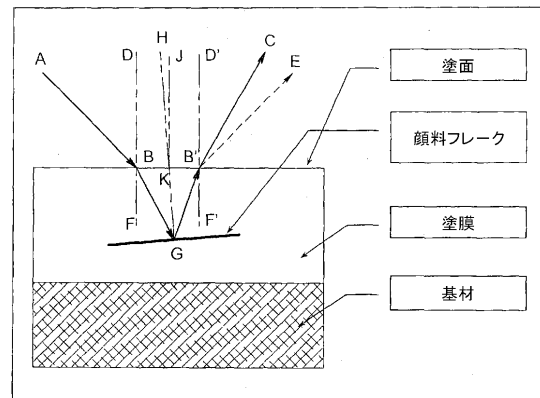


Figure 3

【図2】

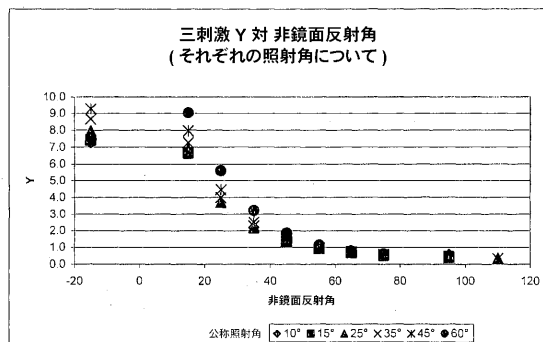


Figure 2

【図 4】

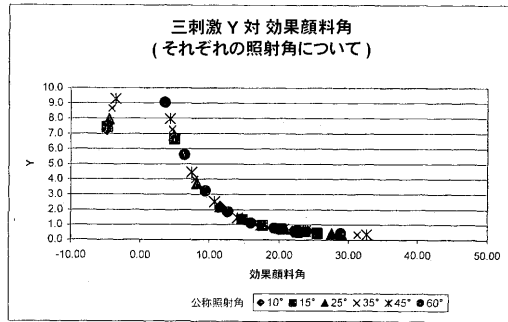


Figure 4

【図 6】

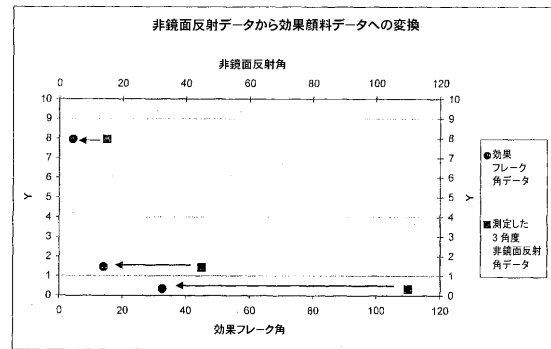


Figure 6

【図 5】

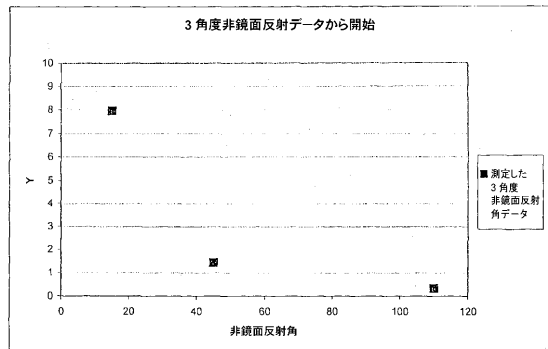


Figure 5

【図 7】

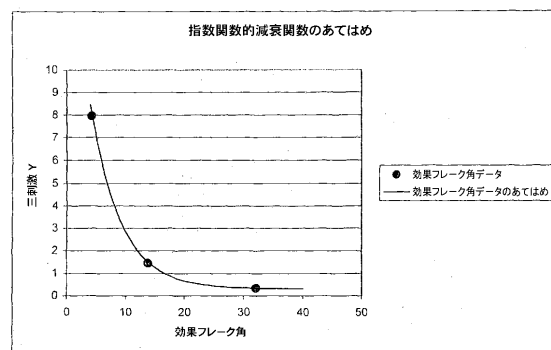


Figure 7

【図 8】

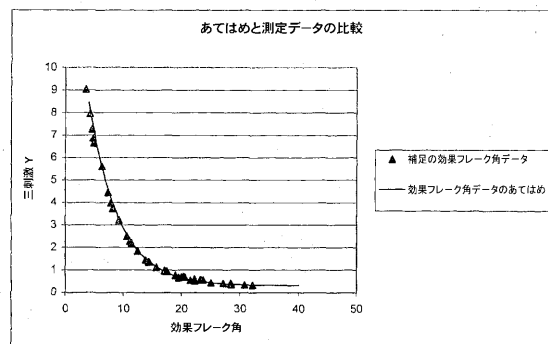


Figure 8

【図 9】

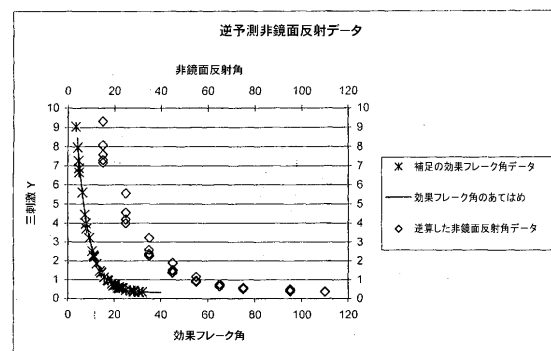


Figure 9

【図 10】

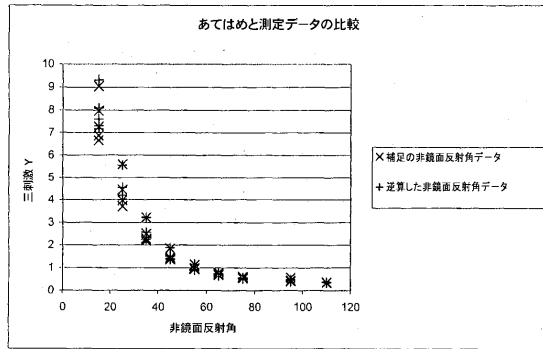


Figure 10

【図 11】

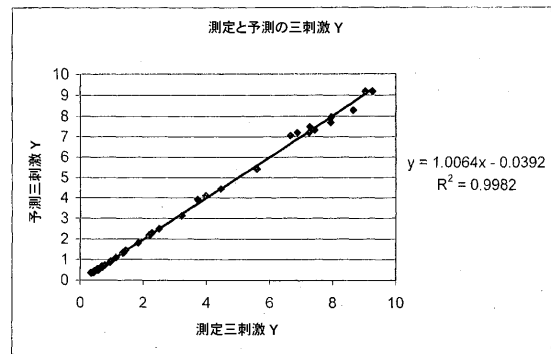


Figure 11

フロントページの続き

(74)代理人 100095898

弁理士 松下 満

(74)代理人 100098475

弁理士 倉澤 伊知郎

(74)代理人 100123630

弁理士 渡邊 誠

(72)発明者 ステンホーク ラリー ユージーン

アメリカ合衆国 デラウェア州 19808 ウィルミントン チャールストン ドライヴ 23
3

審査官 横井 亜矢子

(56)参考文献 国際公開第2006/116386(WO, A1)

特開平10-247256(JP, A)

特開平03-107704(JP, A)

国際公開第2004/108411(WO, A1)

特開昭61-061042(JP, A)

特開2005-248158(JP, A)

国際公開第2005/036142(WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 21/00, 21/01

G01N 21/17-21/61

G01N 21/84-21/958

G01J 3/00- 3/52

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamII)