

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6869652号
(P6869652)

(45) 発行日 令和3年5月12日 (2021.5.12)

(24) 登録日 令和3年4月16日 (2021.4.16)

(51) Int. Cl.		F I	
G06T 15/80	(2011.01)	G06T 15/80	
H04N 5/232	(2006.01)	H04N 5/232	
G03B 15/00	(2021.01)	G03B 15/00	Q

請求項の数 25 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2016-131322 (P2016-131322)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成28年7月1日 (2016.7.1)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2018-5542 (P2018-5542A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成30年1月11日 (2018.1.11)	(74) 代理人	100110412
審査請求日	令和1年6月27日 (2019.6.27)		弁理士 藤元 亮輔
		(74) 代理人	100104628
			弁理士 水本 敦也
		(74) 代理人	100121614
			弁理士 平山 倫也
		(72) 発明者	井田 義明
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
			ヤノン株式会社内
		(72) 発明者	井上 智暁
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
			ヤノン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理装置、撮像装置、画像処理方法、画像処理プログラム、および、記憶媒体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被写体の仮想光源画像を生成する画像処理装置であって、
光源情報と前記被写体の法線情報とに基づいて、前記仮想光源画像を生成する生成手段と、

ノイズ低減処理に用いられるノイズ低減情報を前記法線情報に基づいて決定する決定手段と、を有することを特徴とする画像処理装置。

【請求項 2】

前記決定手段は、更に前記光源情報に基づいて前記ノイズ低減情報を決定することを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 3】

前記光源情報は、光源の強度に関する情報を含むことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の画像処理装置。

【請求項 4】

前記光源情報は、光源の空間分布に関する情報を含むことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 5】

前記生成手段は、更に前記被写体の反射特性情報に基づいて前記仮想光源画像を生成することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 6】

10

20

前記決定手段は、更に前記反射特性情報に基づいて前記ノイズ低減情報を決定することを特徴とする請求項 5 に記載の画像処理装置。

【請求項 7】

前記決定手段は、前記反射特性情報により決定される反射率に基づいて、前記ノイズ低減情報を決定することを特徴とする請求項 6 に記載の画像処理装置。

【請求項 8】

前記決定手段は、前記法線情報に対する前記反射特性情報の敏感度に基づいて、前記ノイズ低減情報を決定することを特徴とする請求項 6 に記載の画像処理装置。

【請求項 9】

前記反射特性情報は、パラメトリックモデルにより表現されており、

10

前記決定手段は、前記パラメトリックモデルの係数に対する前記反射特性情報の前記敏感度に基づいて、前記ノイズ低減情報を決定することを特徴とする請求項 8 に記載の画像処理装置。

【請求項 10】

前記決定手段は、前記反射特性情報を用いて決定される前記仮想光源画像の輝度値に基づいて、前記ノイズ低減情報を決定することを特徴とする請求項 6 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 11】

前記決定手段は、更に反射特性誤差情報に基づいて前記ノイズ低減情報を決定することを特徴とする請求項 6 乃至 10 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

20

【請求項 12】

前記決定手段は、更に法線誤差情報に基づいて前記ノイズ低減情報を決定することを特徴とする請求項 1 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 13】

前記生成手段は、更に視線情報に基づいて前記仮想光源画像を生成し、

前記決定手段は、更に前記視線情報に基づいて前記ノイズ低減情報を決定することを特徴とする請求項 1 乃至 12 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 14】

前記ノイズ低減情報を用いて、前記仮想光源画像に対して前記ノイズ低減処理を行うノイズ低減手段を更に有することを特徴とする請求項 1 乃至 13 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

30

【請求項 15】

前記ノイズ低減情報を用いて、前記法線情報に対して前記ノイズ低減処理を行うノイズ低減手段を更に有することを特徴とする請求項 1 乃至 13 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 16】

前記ノイズ低減情報を用いて、前記反射特性情報に対して前記ノイズ低減処理を行うノイズ低減手段を更に有することを特徴とする請求項 5 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 17】

40

前記ノイズ低減情報を用いて、前記仮想光源画像に寄与する少なくとも 1 つの反射成分画像に対して前記ノイズ低減処理を行うノイズ低減手段を更に有することを特徴とする請求項 1 乃至 13 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 18】

前記ノイズ低減情報を用いて、前記仮想光源画像に寄与する少なくとも 1 つの光源による仮想光源画像に対して前記ノイズ低減処理を行うノイズ低減手段を更に有することを特徴とする請求項 1 乃至 13 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 19】

前記ノイズ低減情報は、前記被写体の領域ごとに異なることを特徴とする請求項 1 乃至 18 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

50

【請求項 20】

前記決定手段は、前記仮想光源画像に対する輝度補正処理に基づいて前記ノイズ低減情報を決定することを特徴とする請求項 1 乃至 19 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 21】

前記ノイズ低減情報は前記ノイズ低減処理の強度に関する情報を含むことを特徴とする請求項 1 乃至 20 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 22】

被写体の仮想光源画像を生成する撮像装置であって、
撮像光学系を介して形成された光学像を光電変換する撮像手段と、
前記撮像手段から取得された光源情報と前記被写体の法線情報とに基づいて、前記仮想光源画像を生成する生成手段と、

ノイズ低減処理に用いられるノイズ低減情報を前記法線情報に基づいて決定する決定手段と、を有することを特徴とする撮像装置。

【請求項 23】

被写体の仮想光源画像を生成する画像処理方法であって、
光源情報と前記被写体の法線情報とに基づいて、前記仮想光源画像を生成するステップと、

ノイズ低減処理に用いられるノイズ低減情報を前記法線情報に基づいて決定するステップと、を有することを特徴とする画像処理方法。

【請求項 24】

被写体の仮想光源画像を生成する画像処理プログラムであって、
光源情報と前記被写体の法線情報とに基づいて、前記仮想光源画像を生成するステップと、

ノイズ低減処理に用いられるノイズ低減情報を前記法線情報に基づいて決定するステップと、をコンピュータに実行させることを特徴とする画像処理プログラム。

【請求項 25】

請求項 24 に記載の画像処理プログラムを記憶していることを特徴とするコンピュータが読み取り可能な記憶媒体。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、被写体の仮想光源画像のノイズを低減する画像処理装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

従来から、光源情報および物体の形状や反射特性などの物理的な情報に基づいて、物体の見えを再現する画像処理技術（例えばコンピュータグラフィックス：CG）が知られている。特に、実在する被写体のある光源環境下で撮像し、後から仮想的に設定した光源環境下での見えを画像処理により再現する技術をリライティングと呼ぶ。写真撮影の技術としてストロボやレフ板を用いたライティングがあるが、機材や撮影者のスキルが要求されるため、意図通りの写真を撮ることは難しく、撮影後の修正も不可能である。リライティングは、これらの課題を解決することができる。

【0003】

一般に、被写体の物理的な情報は未知であるため、様々な方法によって取得される。例えば形状情報は、レーザ光を用いた三角測量や 2 眼ステレオなどの方法で距離情報から取得する。一方、照度差ステレオ法などにより、3 次元形状ではなく被写体の面法線情報を取得する場合もある。反射特性は、光源環境や視線方向を変えながら被写体を撮像した画像から取得する方法が知られている。反射特性は、面法線情報と合わせて、双方向反射率分布関数（BRDF）などのモデルとして表現されることもある。特許文献 1 には、種々の方法により取得された深度マップと画像認識により推定した反射特性とに基づいてリライティングする画像作成装置が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2013-235537号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

取得された形状や反射特性には、取得誤差が含まれる。これらの誤差を含んだ情報に基づいてリライティングを行うと、被写体の見えを再現した仮想光源画像（リライティング画像）にも輝度ノイズが生じる。輝度ノイズの大きさは、形状や反射特性の取得誤差から一意に決まらず、再現する光源情報、被写体の形状、および、反射特性に応じて、領域ごとに変化する。したがって、この変化を考慮せずにノイズ低減処理を行うと、残留ノイズやぼけが発生し、好ましい画質の再現画像が得られない。しかしながら、特許文献1には、ノイズ低減処理について開示されていない。

10

【0006】

そこで本発明は、被写体の仮想光源画像に含まれるノイズを効果的に低減することが可能な画像処理装置、撮像装置、画像処理装置、画像処理プログラム、および、記憶媒体を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0007】

20

本発明の一側面としての画像処理装置は、被写体の仮想光源画像を生成する画像処理装置であって、光源情報と前記被写体の法線情報とに基づいて、前記仮想光源画像を生成する生成手段と、ノイズ低減処理に用いられるノイズ低減情報を前記法線情報に基づいて決定する決定手段とを有する。

【0008】

本発明の他の側面としての撮像装置は、被写体の仮想光源画像を生成する撮像装置であって、撮像光学系を介して形成された光学像を光電変換する撮像手段と、前記画像処理装置とを有する。

【0009】

本発明の他の側面としての画像処理方法は、被写体の仮想光源画像を生成する画像処理方法であって、光源情報と前記被写体の法線情報とに基づいて、前記仮想光源画像を生成するステップと、ノイズ低減処理に用いられるノイズ低減情報を前記法線情報に基づいて決定するステップとを有する。

30

【0010】

本発明の他の側面としての画像処理プログラムは、前記画像処理方法をコンピュータに実行させる。

【0011】

本発明の他の側面としての記憶媒体は、前記画像処理プログラムを記憶している。

【0012】

40

本発明の他の目的及び特徴は、以下の実施例において説明される。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、被写体の仮想光源画像に含まれるノイズを効果的に低減することが可能な画像処理装置、撮像装置、画像処理装置、画像処理プログラム、および、記憶媒体を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】実施例1～3における画像処理装置のブロック図である。

【図2】実施例1におけるノイズ低減処理のフローチャートである。

50

【図 3】各実施例におけるノイズ量データのテーブルである。

【図 4】各実施例における反射特性の説明図である。

【図 5】実施例 2 におけるノイズ低減処理のフローチャートである。

【図 6】実施例 3 におけるノイズ低減処理のフローチャートである。

【図 7】実施例 4 におけるノイズ低減処理のフローチャートである。

【図 8】実施例 4 における画像処理装置のブロック図である。

【図 9】各実施例における反射特性の変数の説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、本発明の実施形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。

10

【0016】

本実施形態の画像処理装置は、被写体の仮想光源画像に含まれるノイズを効果的に低減することができる。以下、具体的な実施例を説明する前に、本実施形態の概要について述べる。本発明の各実施例は、仮想的に設定した光源環境下での被写体の見えを再現するライティングに関する。被写体の見えは、物理的には、被写体の形状情報、被写体の反射特性情報、光源情報で決定される。

【0017】

形状情報の一種として、例えば距離情報がある。距離情報は、レーザ光を用いた三角測量や 2 眼ステレオなどの公知の方法で取得可能である。また、被写体表面の法線情報を用いることも有効である。これは、光源からの光が被写体によって反射される際の反射光の物理的な振る舞いは、局所的な面法線に依存するためである。したがって、3D 形状や距離情報として被写体の形状情報を取得した場合、これらの情報から法線情報を取得する必要がある。面法線情報を直接取得する方法としては、偏光を利用する方法や照度差ステレオなどの公知の方法がある。ここで、法線情報とは、法線方向ベクトルや、法線を表す各自由度を指す。

20

【0018】

反射特性とは、一定の強度で被写体に光が入射した際に、その光源方向に関連付けて一意に反射光の強度を決定する特性である。一般には、反射特性は、被写体の面法線や観測する視線方向にも依存する。このため反射特性 f は、以下の式 (1) のように表される。

【0019】

30

【数 1】

$$i = E \cdot f(\mathbf{s}, \mathbf{v}, \mathbf{n}, \mathbf{X}) \quad \dots \quad (1)$$

【0020】

式 (1) において、 i は反射光の輝度、 E は入射光の輝度、 \mathbf{s} は物体から光源への方角を示す単位ベクトル (光源方向ベクトル)、 \mathbf{n} は物体の単位面法線ベクトル、 \mathbf{v} は物体から観測方向を示す単位ベクトル (視線ベクトル) である。これらの関係は、反射特性の変数の説明図としての図 9 に示されている。また、反射特性をパラメトリックモデルとして表す場合、反射特性モデルの係数ベクトル \mathbf{X} も変数として用いる。ここで、係数ベクトル \mathbf{X} は係数の数と等しい次元を有する。反射特性情報とは、反射特性 f や反射特性モデルの係数を指す。パラメトリックモデルは、例えばランバート反射モデル、Oren-Nayer モデル、Phong モデル、Torranace-Sparrow モデル、Cook-Torranace モデルなどがあり、モデルによって適合する被写体が限られる。例えばランバート反射モデルでは、視線方向によらないため、均一拡散する被写体に適合し、視線方向によって見え方が変わる被写体では視線ベクトルに依存する他のモデルで表すことが適当である。またこれらのモデルは併用して用いる場合も多く、拡散反射成分と鏡面反射成分を別のモデルで表し、被写体の反射特性はその和として表現することも多い。鏡面反射光とは、物体表面での正反射であり、物体表面 (界面) においてフレネルの式に従う

40

50

フレネル反射を指す。拡散反射光とは、被写体の表面を透過した後、物体内部で散乱されて返ってくる光を指す。一般に、物体の反射光は、鏡面反射光と拡散反射光の各成分からなる。

【 0 0 2 1 】

光源情報とは、光源の強度、光源の位置、光源の方向、光源の波長、光源のサイズ、または、光源の周波数特性などに関する情報を含むが、これらに限定されるものではない。

【 0 0 2 2 】

本実施形態の画像処理装置は、被写体の仮想光源画像を生成する画像処理装置であって、生成手段（仮想光源画像生成部 103a）および決定手段（ノイズ低減情報決定部 103b）を有する。生成手段は、光源情報と被写体の法線情報とに基づいて、仮想光源画像を生成する。決定手段は、法線情報に基づいて、ノイズ低減処理に用いられるノイズ低減情報を決定する。このように、光源情報と被写体の法線情報とを用いることにより、被写体の仮想光源画像を生成することができる。これらの情報が仮想的に設定されたものではなく実際の被写体から取得した情報を用いる場合、仮想光源画像にもノイズが含まれる。このノイズを低減するためのノイズ低減処理を、被写体の法線情報に基づいて行うことにより、被写体の仮想光源画像に含まれるノイズを効果的に低減することができる。

10

【 0 0 2 3 】

生成手段は、更に被写体の反射特性情報に基づいて仮想光源画像を生成してもよい。被写体の反射特性情報を用いることにより、被写体の反射率や光沢感、面粗さなど被写体の質感を再現した仮想光源画像を生成することができる。

20

【 0 0 2 4 】

決定手段は、更に光源情報に基づいてノイズ低減情報を決定してもよい。仮想光源画像を生成する際に光源条件を設定する場合、光源情報にも基づいてノイズ低減情報を決定することにより、被写体の仮想光源画像に含まれるノイズを効果的に低減することができる。

【 0 0 2 5 】

決定手段は、更に反射特性情報に基づいてノイズ低減情報を決定してもよい。仮想光源画像を生成する際に反射特性情報を設定する場合、反射特性情報にも基づいてノイズ低減情報を決定することで、被写体の仮想光源画像に含まれるノイズを効果的に低減することができる。

30

【 0 0 2 6 】

決定手段は、反射特性情報により決定される反射率に基づいて、ノイズ低減情報を決定してもよい。仮想光源画像を生成する際に、高反射率であるほど法線情報や反射特性情報に含まれる誤差が強く影響する。ここで、反射率とは光源の入射角度と反射角度を考慮した反射率であり、例えばBRDFである。したがって、反射率に基づいてノイズ低減情報を決定することにより、効果的にノイズを低減した仮想光源画像を得ることができる。

【 0 0 2 7 】

決定手段は、法線情報に対する反射特性情報の敏感度に基づいて、ノイズ低減情報を決定してもよい。仮想光源画像を生成する際に、法線情報が一定のノイズ量で取得されている場合でも、反射特性の法線情報に対する敏感度が高いほど、仮想光源画像の輝度値としてはノイズが大きくなる。したがって、反射特性の法線情報に対する敏感度に基づいてノイズ低減情報を決定することにより、効果的にノイズを低減した仮想光源画像を得ることができる。

40

【 0 0 2 8 】

反射特性情報はパラメトリックモデルにより表現されており、決定手段は、反射特性情報のパラメトリックモデルの係数に対する敏感度に基づいて、ノイズ低減情報を決定してもよい。仮想光源画像を生成する際に、反射特性モデルの係数が一定のノイズ量で取得されている場合でも、反射特性の係数に対する敏感度が高いほど、仮想光源画像の輝度値としてはノイズが大きくなる。したがって、反射特性の係数に対する敏感度に基づいてノイズ低減情報を決定することにより、効果的にノイズを低減した仮想光源画像を得ることが

50

できる。

【 0 0 2 9 】

決定手段は、光源情報のうち光源の強度に関する情報に基づいて、ノイズ低減情報を決定してもよい。仮想光源画像を生成する際に、入射光が高強度であるほど法線情報や反射特性情報に含まれる誤差が強く影響する。したがって、光源強度に基づいてノイズ低減情報を決定することにより、効果的にノイズを低減した仮想光源画像を得ることができる。

【 0 0 3 0 】

決定手段は、光源情報のうち光源の空間分布に関する情報に基づいて、ノイズ低減情報を決定してもよい。光源の空間分布とは、光源環境を点光源の集まりとして考えたときの点光源の強度分布である。光源分布を表現する際に、被写体上の点から見た全方位の光源を球面調和関数で展開することで周波数解析を行うことができる。このようにして得られる光源分布の空間周波数（周波数特性）は、物体の見えに大きく影響する。光源分布のある空間周波数成分が小さいほど、法線や反射特性のその空間周波数での変化は物体の見えに影響しなくなる。同様に、仮想光源画像を生成する際の光源分布が含む空間周波数成分の大きさに対応して、周波数の法線情報誤差や反射特性情報誤差に起因する仮想光源画像の輝度ノイズ量が変わる。したがって、光源の周波数特性に基づいてノイズ低減情報を決定することにより、効果的にノイズを低減した仮想光源画像を得ることができる。

【 0 0 3 1 】

決定手段は、仮想光源画像の輝度値（例えば、光源情報と反射特性情報により決定される）に基づいて、ノイズ低減情報を決定してもよい。仮想光源画像を生成する際に、光源情報と反射特性情報に応じて輝度が高いほど法線情報や反射特性情報に含まれる誤差が強く影響する。したがって、仮想光源画像の輝度値に基づいてノイズ低減情報を決定することにより、効果的にノイズを低減した仮想光源画像を得ることができる。

【 0 0 3 2 】

決定手段は、法線誤差情報に基づいてノイズ低減情報を決定してもよい。法線情報の取得条件に応じて、取得した法線情報の誤差量は異なることがある。例えば、偏光情報を用いて被写体の法線情報を取得する場合、被写体の法線の向きや材質によって偏光度が変わり、領域に応じて異なる誤差量となる。したがって、法線誤差情報に基づいてノイズ低減情報を決定することにより、効果的にノイズを低減した仮想光源画像を得ることができる。

【 0 0 3 3 】

決定手段は、反射特性誤差情報に基づいてノイズ低減情報を決定してもよい。反射特性情報の取得条件に応じて、取得した反射特性情報の誤差量は異なることがある。例えば、光源や撮像装置を移動させながら全周のBRDFを測定する場合、被写体の反射率に応じて輝度ノイズ量が変わり、領域に応じて異なる誤差量となる。したがって、反射特性誤差情報に基づいてノイズ低減情報を決定することにより、効果的にノイズを低減した仮想光源画像を得ることができる。

【 0 0 3 4 】

生成手段は、更に視線情報を用いて仮想光源画像を生成し、決定手段は、更に視線情報に基づいてノイズ低減情報を決定してもよい。仮想光源画像を生成する際に視線方向を制御する場合や視線方向に依存した反射モデルを扱う場合、被写体の仮想的な見えを再現する際に、視線方向や視点位置などの視線情報が必要である。被写体の反射特性が視線情報に依存するため、視線情報に基づいてノイズ低減情報を決定することにより、効果的にノイズを低減した仮想光源画像を得ることができる。

【 0 0 3 5 】

ノイズ低減手段（ノイズ低減処理部 103c）は、ノイズ低減情報を用いて法線情報に対してノイズ低減処理を行ってもよい。法線情報のノイズ低減は既存の方法で行えばよく、例えば、各自由度について画像の輝度値と同等にみなして、既存のノイズ低減処理を行うことができる。光源情報と法線情報と反射特性情報とを用いて法線情報のノイズ低減を行うことにより、仮想光源画像の生成まで考慮した適切なパラメータで、面法線のばらつ

10

20

30

40

50

きを低減することが可能である。法線情報（面法線情報）を用いて仮想光源画像を生成することにより、より残留ノイズやぼけを抑えた高画質の仮想光源画像を得ることができる。

【0036】

ノイズ低減手段は、ノイズ低減情報を用いて反射特性情報に対してノイズ低減処理を行ってもよい。反射特性情報のノイズ低減は、例えば、反射モデルのパラメータを画像の輝度値と同等にみなして、既存のノイズ低減処理を行うことができる。光源情報と法線情報と反射特性情報を用いて反射特性情報のノイズ低減を行うことにより、仮想光源画像の生成まで考慮した適切なパラメータで、反射特性情報のばらつきを低減することが可能となる。反射特性情報を用いて仮想光源画像を生成することにより、より残留ノイズやぼけを抑えた高画質の仮想光源画像を得ることができる。

10

【0037】

ノイズ低減手段は、ノイズ低減情報を用いて仮想光源画像に対してノイズ低減処理を行ってもよい。ここで仮想光源画像とは、光源の位置や強度、角度特性、波長、個数など各種光源条件を変更した際の被写体の見えを画像処理によって再現した画像のことを指す。仮想光源として用いる光源条件は、仮想的に作成してもよく、画像を視聴する環境の光源や、別途実環境から取得した光源条件などでもよい。

【0038】

ノイズ低減手段は、ノイズ低減情報を用いて仮想光源画像に寄与する少なくとも1つの反射成分画像に対してノイズ低減処理を行ってもよい。仮想光源画像を生成する際の被写体の反射特性として、拡散反射成分と鏡面反射成分を個別のパラメトリックモデルとして用いる場合、各反射成分に対応した仮想光源画像（反射成分画像）を得ることができる。一般に、拡散反射成分と鏡面反射成分では、輝度や各変数に対する敏感度などが大きく異なるため、反射成分画像ごとにノイズ低減処理を行うことにより、より反射成分の性質を考慮して残留ノイズやぼけを抑えた高画質の仮想光源画像を得ることができる。また、仮想光源画像を生成する際に被写体の質感を変更する目的で、反射成分ごとに強度を調整する場合がある。反射成分ごとの操作を別途行う場合に反射成分画像ごとにノイズ低減処理を行うことにより、より効果的にノイズを低減した仮想光源画像を得ることができる。

20

【0039】

ノイズ低減手段は、仮想光源画像に寄与する少なくとも1つの光源による仮想光源画像に対してノイズ低減処理を行ってもよい。仮想光源画像を生成する際の輝度値の線形性により、光源を複数に分割し、各分割光源による仮想光源画像の和として最終的な仮想光源画像を得ることができる。また、光源の位置、強度、または、周波数特性などに応じて法線情報や反射特性情報の誤差が仮想光源画像の輝度値に与える影響が異なる。したがって、各分割光源による仮想光源画像に対してノイズ低減処理を行うことにより、効果的にノイズを低減した仮想光源画像を得ることができる。

30

【0040】

ノイズ低減情報は、被写体の領域ごとに異なってもよい。また決定手段は、仮想光源画像に対して行う輝度補正処理に基づいてノイズ低減情報を決定してもよい。法線情報、反射特性情報、およびこれらの誤差情報は、被写体の領域ごとに異なる。また、光源情報について、見栄えをよくするため、被写体の領域ごとに異なる強度や向きの光源光を入射させた仮想光源画像を生成することがある。したがって、被写体の領域ごとにノイズ低減情報を決定することにより、効果的にノイズを低減した仮想光源画像を得ることができる。

40

【0041】

以下、本実施形態の画像処理装置（撮像装置）に関して、各実施例において具体的に説明する。

【実施例1】

【0042】

まず、図1を参照して、本発明の実施例1における撮像装置（画像処理装置）について

50

説明する。図1は、本実施例における撮像装置100のブロック図である。

【0043】

図1において、撮像部101は、撮像光学系101a（撮影レンズ）、撮像素子101b、および、A/Dコンバータ101cを有する。撮像光学系101aは、被写体（不図示）からの光を撮像素子101b上に結像（形成）する。撮像素子101bは、CCDセンサやCMOSセンサなどの光電変換素子を含み、撮像光学系101aを介して形成された被写体像（光学像）を光電変換して画像データ（アナログ信号）を出力する。撮像素子101bの光電変換により生成されたアナログ信号は、A/Dコンバータ101cでデジタル信号に変換され、画像処理装置120（画像処理部103）に出力される。なお本実施例において、撮像光学系101a（レンズ装置）は、撮像素子101bを備えた撮像装置本体に対して着脱可能に取り付けられている。ただし本実施例はこれに限定されるものではなく、撮像光学系101aと撮像装置本体とが一体的に構成されていてもよい。

10

【0044】

情報取得部102は、法線情報取得部102a、光源情報取得部102b、視線情報取得部102c、および、反射特性情報取得部102dを有する。法線情報取得部102a、光源情報取得部102b、視線情報取得部102c、および、反射特性情報取得部102dは、撮像部101から、仮想光源画像を生成するための法線情報、光源情報、視線情報、および、反射特性情報をそれぞれ取得する。

【0045】

画像処理部103は、仮想光源画像生成部103a、ノイズ低減情報決定部103b、および、ノイズ低減処理部103cを有する。仮想光源画像生成部103a（生成手段）は、情報取得部102から出力されるデータ（法線情報、光源情報、視線情報、および、反射特性情報）に基づいて、仮想光源画像を生成する。ノイズ低減情報決定部103b（決定手段）は、情報取得部102から出力されるデータ（法線情報、光源情報、視線情報、および、反射特性情報）に基づいて、ノイズ低減情報を決定する。ノイズ低減処理部103cは、仮想光源画像に対してノイズ低減処理を行う。本実施例において、情報取得部102と画像処理部103とにより画像処理装置120が構成される。

20

【0046】

また撮像装置100は、画像記録媒体104、ROM105、および、表示部106を有する。ノイズ低減処理された画像（ノイズ低減画像）は、半導体メモリや光ディスクなどの画像記録媒体104に出力して記録され、または、表示部106に出力して表示される。ROM105は、画像処理部103による画像処理において用いられる各種データやプログラムが記憶された記憶手段である。例えば、ROM105には、光源情報、法線情報、視線情報、および、反射特性情報などのデータに関する仮想光源画像のノイズデータ（予めシミュレーションにより算出された仮想光源画像ノイズ量）が記憶されている。

30

【0047】

次に、図2を参照して、本実施例におけるノイズ低減処理（画像処理方法）について説明する。図2は、本実施例におけるノイズ低減処理のフローチャートである。図2の各ステップは、撮像装置100（画像処理装置120）の各部により実行される。また、本実施例のノイズ低減処理は、画像処理装置120に含まれるCPUなどのコンピュータにより、コンピュータプログラムとしての画像処理プログラムに従って実行される。また本実施例のノイズ低減処理を、ソフトウェア上で行う代わりに、ハードウェアとして回路上で実行するように構成してもよい。

40

【0048】

まずステップS101において、法線情報取得部102aは、仮想光源画像を生成するための法線情報を取得する。本実施例において、法線情報取得部102aは、予め取得された2次元の奥行き情報である距離マップ（距離情報）を取得し、奥行き情報の微分（差分）を取ることで、法線情報を算出する。距離マップは、例えば撮像部101により取得された視差画像や、Depth From Defocusなどの公知の方法で取得された情報から取得することができる。法線情報マップを直接に取得する場合、後述の視

50

線情報の算出のため、被写体の距離情報を別途取得してもよい。

【0049】

続いてステップS102において、光源情報取得部102bは、仮想光源画像を生成するための光源情報を取得する。本実施例では、使用者が所望の光源情報を入力する。光源情報は、光源の強度、位置、光源方向、および、波長などを含むが、これらに限定されるものではない。また、予めスポット光源や面光源などの種類を用意しておき、その中から使用者が選択し、必要に応じて光源サイズや光の広がり角などのパラメータを設定する形式としてもよい。また、実環境から取得された光源データを光源情報として読み込むこともでき、画像の視聴環境における光源情報をリアルタイムで取り込んでもよい。また、画面内で領域ごとに異なる光源情報を設定することができ、複数の光源情報を取得してもよい。

10

【0050】

続いてステップS103において、視線情報取得部102cは、仮想光源画像を生成するための視線情報を取得する。例えば、仮想光源画像の中心に対してステップS101にて取得した距離情報だけ離れた位置に視点を設定することにより、距離情報と画像上の位置とに基づいて、画素ごとの視線方向を取得することができる。

【0051】

続いてステップS104において、反射特性情報取得部102dは、仮想光源画像を生成するための反射特性情報を取得する。反射特性情報は、例えばパラメトリックモデルの係数組を各画素に対して割り当てればよく、事前に被写体を計測して取得した値を用い、または使用者が任意に設定することができる。また、拡散反射成分と鏡面反射成分とを別々に取得するなど、複数の反射特性情報を取得してもよい。なお、ステップS101～S104に関しては、仮想光源画像を生成するために必要な情報が取得できればよく、図2のフローチャートに示される順序でなくてもよい。すなわち、ステップS101～S104の順序は任意に変更可能であり、必要に応じてこれらのステップの少なくとも一部を並行して実行してもよい。

20

【0052】

続いてステップS105において、情報取得部102は、ステップS101～S104にて取得した法線情報、光源情報、視線情報、および、反射特性情報を画像処理部103に通信（送信）する。そして仮想光源画像生成部103aは、これらの情報に基づいて仮想光源画像を生成する。被写体上の各点に入射する光の強度と方向は、光源情報に基づいて決定される。このため、反射特性情報に基づいて、法線情報および視線情報の関数として仮想光源画像の輝度値を一意に定めることができる。ステップS102にて複数の光源情報を取得した場合や、ステップS104にて複数の反射特性情報を取得した場合、仮想光源画像は、複数の光源情報や反射特性情報に対応して各々の仮想光源画像を別々に生成してもよい。このように生成された複数の仮想光源画像を、最終的な露出が適正となるように補正して任意の比率で加算することにより、最終的な仮想光源画像を生成することができる。加算対象となる複数の画像は、仮想光源画像だけでなく実際に撮影した画像を含んでもよい。なおステップS105は、後述のステップS106の後に実行してもよい。

30

【0053】

続いてステップS106において、ノイズ低減情報決定部103bは、ステップS101～S104にて取得された法線情報、光源情報、視線情報、および、反射特性情報に基づいて、後述の方法を用いてノイズ低減情報を決定する。本実施例では、ノイズ低減情報として仮想光源画像ノイズ量 r を用いる。ノイズ量とは、ノイズ分布の標準偏差である。仮想光源画像は輝度情報からなるため、仮想光源画像ノイズ量 r とは仮想光源画像上の輝度ノイズ量である。

40

【0054】

仮想光源画像ノイズ量 r は、光源情報、法線情報、視線情報、および、反射特性情報の各種データに対する仮想光源画像のノイズ量データであり、このノイズ量データを予めシミュレーションにより算出してROM105に記憶しておけばよい。本実施例では、各

50

種データの全ての組み合わせに対するノイズ量データを離散的に算出すればよい。または、各種データのそれぞれに起因するノイズ量を算出しておき、後述するように多変数関数における誤差の伝播則を用いて全体としてのノイズ量を求めてもよい。そして、ノイズ低減情報を決定する際、実際の各種データに合致するときのノイズ量をROM 105から取得すればよい。仮想光源画像ノイズ量 r は、距離情報を取得した際の撮像部 101のISO感度や撮像画像の輝度レベルなどの撮影条件ごとに記憶してもよい。

【0055】

図3を参照して、具体的なノイズ量データのテーブルについて説明する。図3は、ノイズ量データのテーブルである。図3に示されるように、各種データに対して仮想光源画像ノイズ量 r をROM 105などに記憶しておくことにより、ノイズ低減情報を決定することができる。

10

【0056】

ここで、各種データに対して仮想光源画像ノイズ量 r が変化する原理を説明する。本実施例では、反射特性を表す式(1)が、以下の式(2)で表されるようにランバート反射モデルに従う拡散反射成分と簡易なTorranace-Sparrowモデルに従う鏡面反射成分との和によって表される場合について説明する。

【0057】

【数2】

$$i = E \cdot f(\mathbf{s}, \mathbf{v}, \mathbf{n}, c_d, c_s, Q) = c_d \mathbf{s} \cdot \mathbf{n} + \frac{c_s}{\mathbf{v} \cdot \mathbf{n}} \exp\left[-\frac{\alpha^2}{2Q^2}\right] \quad \dots \quad (2)$$

20

【0058】

式(2)において、 α は光源方向 \mathbf{s} と視線方向 \mathbf{v} との2等分線方向と面法線方向 \mathbf{n} のなす角である(図9参照)。また、式(1)の反射特性モデルの係数ベクトル \mathbf{x} を、拡散反射率 c_d 、鏡面反射率 c_s 、表面粗さ Q からなるものとする。

【0059】

図4は、式(2)の反射特性の説明図である。図4に示されるように、反射特性は、法線情報、光源情報、視線情報、および、反射特性情報(反射特性モデルのパラメータ)などによる多変数関数である。本実施例において、反射特性は、法線情報のうち面法線方向 \mathbf{n} の天頂角成分による反射率の変化を表すが、天頂角の値やその他の情報に応じて反射率の値や傾きは異なる。したがって、法線情報が天頂角に対して一定の精度(ノイズ量)で取得できても、仮想光源画像を生成する際に、輝度ノイズの大きさがばらつく。この変化に応じてノイズ低減情報を決定することにより、仮想光源画像生成の際におけるノイズの影響を効果的に低減することができる。本実施例では天頂角に対する反射率の変化を説明したが、他の変数に対しても同様に考えられる。また、複数の変数が誤差を含む場合、前述の誤差の伝播則を用いて全体としてのノイズ量を求めてもよい。例えば、ノイズ量データを決定するための情報として、法線方向 \mathbf{n} の天頂角、方位角、および拡散反射率 c_d を用いる場合、仮想光源画像ノイズ量 r は、以下の式(3)のように表される。

30

40

【0060】

【数3】

$$\sigma_r^2 = (\partial i / \partial \theta)^2 \sigma_\theta^2 + (\partial i / \partial \phi)^2 \sigma_\phi^2 + (\partial i / \partial c_d)^2 \sigma_{c_d}^2 \quad \dots \quad (3)$$

【0061】

式(3)において、 θ 、 ϕ 、 c_d はそれぞれ、法線方向 \mathbf{n} の天頂角、方位角、および、拡散反射率 c_d のノイズ量である。 $\partial i / \partial \theta$ 、 $\partial i / \partial \phi$ 、 $\partial i / \partial c_d$ は、入射光の輝度 E を考慮した反射特性の各変数に対する敏感度に相当する。2つ以上の変数のノイズ量に相関がある場合、共分散も考慮すればよい。 θ 、 ϕ 、 c_d が未知である場合には正確なノイズ量を求めることはできないが、例えば法線方向の誤差がある一

50

定値と仮定した条件下で仮想光源画像ノイズ量 r を取得すればよい。

【 0 0 6 2 】

データテーブルのフォーマットは、図 3 に示されるとおりである必要はなく、各変数の誤差情報を含むことや、含まない変数があってもよい。例えば反射特性情報が視線情報に依存しない場合、視線情報を保持する必要はない。また、法線情報が高精度に取得することができ、かつ反射特性情報の影響が支配的であるような場合、法線情報の誤差量を考慮しなくてもよい。仮想光源画像ノイズ量 r は、仮想光源画像における一定の範囲の領域ごとに取得してもよく、または画素ごとに取得してもよい。

【 0 0 6 3 】

ステップ S 1 0 2 にて複数の光源情報を取得した場合、ステップ S 1 0 4 にて複数の反射特性情報を取得した場合、または、ステップ S 1 0 5 にて複数の仮想光源画像を生成した場合、各仮想光源画像に対してノイズ低減情報を決定すればよい。

【 0 0 6 4 】

複数の光源が存在する場合、式 (2) は以下の式 (4) のように表される。

【 0 0 6 5 】

【 数 4 】

$$i = \sum_k E_k \cdot f(\mathbf{s}_k, \mathbf{v}, \mathbf{n}, c_d, c_s, Q) = \sum_k \left\{ c_d \mathbf{s}_k \cdot \mathbf{n} + \frac{c_s}{\mathbf{v} \cdot \mathbf{n}} \exp\left[-\frac{\alpha_k^2}{2Q^2}\right] \right\} \quad \dots \quad (4)$$

【 0 0 6 6 】

仮想光源の光源サイズが有限の大きさを持つ場合も同様に考えることができる。高周波成分を含まない光源分布の場合、高周波ノイズが抑制されるため、それに対応してノイズ低減情報を弱めてもよい。

【 0 0 6 7 】

続いて、図 2 のステップ S 1 0 7 において、ノイズ低減処理部 1 0 3 c は、後述の方法によりノイズ低減処理を実行する。ノイズ低減処理された画像は、半導体メモリや光ディスクなどの画像記録媒体 1 0 4 に出力され記録され、または、表示部 1 0 6 に出力され表示される。ノイズ低減処理として、画像における既存のノイズ低減処理手法を用いることができ、例えば以下の式 (5) のように表されるバイラテラルフィルタを用いてもよい。

【 0 0 6 8 】

【 数 5 】

$$g(i, j) = \frac{\sum_{n=-w}^w \sum_{m=-w}^w f(i+m, j+n) \exp\left(-\frac{m^2+n^2}{2\sigma_1^2}\right) \exp\left(-\frac{(f(i, j) - f(i+m, j+n))^2}{2\sigma_2^2}\right)}{\sum_{n=-w}^w \sum_{m=-w}^w \exp\left(-\frac{m^2+n^2}{2\sigma_1^2}\right) \exp\left(-\frac{(f(i, j) - f(i+m, j+n))^2}{2\sigma_2^2}\right)} \quad \dots \quad (5)$$

【 0 0 6 9 】

式 (5) において、 i, j は注目画素の位置、 $f(i, j)$ はステップ S 1 0 5 にて生成された仮想光源画像、 $g(i, j)$ はノイズ低減処理後の仮想光源画像、 w はフィルタサイズ、 σ_1 は空間方向分散値、 σ_2 は輝度値方向分散値である。輝度値方向分散値 σ_2 として、仮想光源画像ノイズ量 r を用いることにより、結果として生じる仮想光源画像のノイズ量に応じたノイズ低減処理を行うことができる。

【 0 0 7 0 】

ノイズ低減処理の対象となる仮想光源画像は、ステップ S 1 0 5 にて生成された画像そのものでなくともよい。例えば、デコンボリューション処理、エッジ強調、Richardson-Lucy 法のような超解像処理などの高解像度化処理、デモザイキング処理、レベル補正やガンマ補正などの輝度補正処理など、ノイズ低減処理以外の画像処理がなさ

10

20

30

40

50

れた画像であってもよい。この場合、画像処理による輝度の変化や空間周波数特性の変化などに伴ってノイズ量が変化するため、画像処理の情報に基づいてノイズ低減情報を決定してもよい。

【0071】

以上、本実施例ではノイズ低減処理手法としてバイラテラルフィルタを用いる例を説明したが、これに限定されるものではない。光源情報に依存する法線情報ノイズ量 n や仮想光源画像ノイズ量 r に応じてノイズ低減処理を行えばよく、他のノイズ低減手法を用いてもよい。

【実施例2】

【0072】

10

次に、図5を参照して、本発明の実施例2におけるノイズ低減処理について説明する。図5は、本実施例におけるノイズ低減処理のフローチャートである。図5の各ステップは、撮像装置100（画像処理装置120）の各部により実行される。

【0073】

本実施例の撮像装置（画像処理装置）の基本構成は、実施例1と同様である。本実施例のノイズ低減処理は、ノイズ低減情報決定部103bが更に法線情報の誤差量（法線誤差情報）に基づいてノイズ低減情報を決定する点で、実施例1とは異なる。なお、図5のステップS202～S205は、図2を参照して説明した実施例1のステップS102～S105とそれぞれ同様であるため、それらの説明を省略する。

【0074】

20

本実施例において、ステップS201にて法線情報取得部102aが法線情報を取得する際に、法線誤差情報も取得する。法線誤差情報は、法線の各自由度の値の誤差量（ノイズ量）であり、法線情報を取得した際の情報を記録しておけばよい。例えば、実施例1と同様に、撮像部101により取得された視差画像から法線情報を算出する場合、撮像した視点間の基線長や奥行きに依存した奥行き情報のばらつき（取得ばらつき）を算出し、そこから法線情報のばらつきを算出すればよい。このばらつきが法線誤差情報である。法線情報の誤差（取得誤差）があると、法線情報を用いて生成する仮想光源画像に誤差量に対応して輝度ノイズが生じる。したがって、誤差量に応じてノイズ低減情報を決定することにより、仮想光源画像に生じるノイズを効果的に低減することができる。

【0075】

30

また、取得時の法線誤差情報が記録されていない場合、法線情報から直接に法線ノイズ量を算出してもよい。法線ノイズ量を算出する手法として、MAD（Median Absolute Deviation）を用いることができる。MADは、撮影画像をウェーブレット変換し、取得した最も高周波なサブバンド画像HH1のウェーブレット係数 w_{HH1} において、以下の式（6）で表されるように算出される。

【0076】

【数6】

$$MAD = \text{median} (| w_{HH1} - \text{median} (w_{HH1}) |) \quad \cdots (6)$$

【0077】

40

法線情報に含まれる法線ノイズ量 n は、MADと標準偏差が以下の式（7）の関係を満たすことから推定することができる。

【0078】

【数7】

$$\sigma n = MAD / 0.6745 \quad \cdots (7)$$

【0079】

ステップS206において、ノイズ低減情報決定部103bは、ステップS201～S204にて取得された法線情報、光源情報、視線情報、反射特性情報、および、法線誤差

50

情報に基づいて、ノイズ低減情報を決定する。

【0080】

続いてステップS207において、ステップS107と同様に、ノイズ低減処理部103cはノイズ低減処理を実行する。また、ノイズ低減処理を仮想光源画像に対して行うのではなく、法線情報に対して行ってもよい。例えば法線方向nの天頂角 θ_n に対してノイズ低減処理を行う場合、天頂角 θ_n 自体のノイズ量は仮想光源画像ノイズ量 r ではなく、天頂角 θ_n のノイズ量 r_n であるため、式(5)の r_2 として r_n を用いる。しかし、天頂角 θ_n のノイズ量 r_n に対して、仮想光源画像ノイズ量 r は、法線情報、光源情報、視線情報、および、反射特性情報などの各種データに応じて異なる。したがって、各種データに応じて r_1 を変えることにより、仮想光源画像ノイズ量 r に応じたノイズ低減処理を法線情報に対して行うことができる。この場合、天頂角 θ_n のノイズ量 r_n および各種取得情報に対して、ノイズ低減処理後に所望のノイズ量となるような r_1 もノイズ低減情報として保持しておくといよい。

10

【実施例3】

【0081】

次に、図6を参照して、本発明の実施例3におけるノイズ低減処理について説明する。図6は、本実施例におけるノイズ低減処理のフローチャートである。図6の各ステップは、撮像装置100(画像処理装置120)の各部により実行される。

【0082】

本実施例の撮像装置(画像処理装置)の基本構成は、実施例1と同様である。本実施例のノイズ低減処理は、ノイズ低減情報決定部103bが更に反射特性情報の誤差量(反射特性誤差情報)に基づいてノイズ低減情報を決定する点で、実施例1とは異なる。なお、図6のステップS301~S303、S305は、図2を参照して説明した実施例1のステップS101~S103、S105とそれぞれ同様であるため、それらの説明を省略する。

20

【0083】

本実施例において、ステップS304にて反射特性情報取得部102dが反射特性情報を取得する際に、反射特性誤差情報も取得する。反射特性誤差情報は、反射特性をパラメトリックモデルとして表した際の各変数値の誤差量(ノイズ量)やパラメトリックモデルを用いて算出した反射率の誤差情報であり、反射特性情報を取得した際の情報を記録しておけばよい。例えば、光源方向や観測方向を変えながらBRDFを測定した際の測定誤差を記録する。反射特性情報の取得誤差があると、誤差量に対応して反射特性情報を用いて生成した仮想光源画像に輝度ノイズが生じる。したがって、誤差量に応じてノイズ低減情報を決定することにより、仮想光源画像に生じるノイズを効果的に低減することができる。なお、取得時の反射特性誤差情報が記録されていない場合、法線誤差情報の場合と同様に、反射特性情報から直接に反射特性情報のノイズ量を算出してもよい。

30

【0084】

ステップS306において、ノイズ低減情報決定部103bは、ステップS301~S304にて取得された法線情報、光源情報、視線情報、反射特性情報、および、反射特性誤差情報に基づいて、ノイズ低減情報を決定する。続いてステップS307において、ステップS107と同様に、ノイズ低減処理部103cはノイズ低減処理を実行する。また、ノイズ低減処理を仮想光源画像に対して行うのではなく、法線情報の場合と同様に、反射特性情報に対して行ってもよい。

40

【実施例4】

【0085】

次に、図7を参照して、本発明の実施例4における撮像装置(画像処理装置)について説明する。図7は、本実施例における撮像装置100aのブロック図である。

【0086】

本実施例の撮像装置100aは、情報取得部102(画像処理装置120)に代えて、視線情報取得部102cおよび反射特性情報取得部102dがない情報取得部1102(

50

画像処理装置 120a) を有する点で、実施例 1 ~ 3 の撮像装置 100 とは異なる。本実施例において、視線情報および反射特性情報は予め決定されており、撮像装置 100a (画像処理装置 120a) は所定の視線情報および反射特性情報を用いてノイズ低減処理を行う。

【0087】

次に、図 8 を参照して、本実施例におけるノイズ低減処理について説明する。図 8 は、本実施例におけるノイズ低減処理のフローチャートである。図 8 の各ステップは、撮像装置 100a (画像処理装置 120a) の各部により実行される。なお、図 8 のステップ S401、S402、S405 は、図 1 を参照して説明した実施例 1 のステップ S101、S102、S107 とそれぞれ同様であるため、それらの説明を省略する。

10

【0088】

本実施例では、視線情報に依存しない反射特性を用いるため、視線情報を用いない。また、被写体が十分遠方にあるなどのために画面内で視線方向を一律とする場合、その視線方向を前提とした反射特性情報を用いることとなり、視線情報を取得する必要はない。このような場合、視線情報が反射特性情報に織り込まれているが、視線情報を用いているといえる。

【0089】

本実施例では、反射特性としてランバート反射を前提としている。ランバート反射の反射率に関しては、入射光の強度との積で仮想光源画像の輝度に影響するため、一定値としてもよい。この場合、仮想光源画像の輝度値は、入射光の強度を含む光源情報および法線情報のみの関数として決定することができるため、反射モデルのパラメータを取得する必要はない。ただし、光源情報に基づいて仮想光源画像の輝度値を算出することは、反射特性を暗に仮定していると考えられるため、反射特性情報を用いているものといえる。

20

【0090】

ステップ S403 において、ステップ S105 とは異なり、情報取得部 1102 は、法線情報および光源情報のみを画像処理部 103 に通信 (送信) する。仮想光源画像生成部 103a は、法線情報および光源情報に基づいて、仮想光源画像の輝度値を算出する。すなわち、仮想光源画像生成部 103a が反射特性を暗に仮定した算出方法を適用することにより、法線情報および光源情報に基づいて仮想光源画像の輝度値を算出する。

【0091】

続いてステップ S404 において、ステップ S106 と同様に、仮想光源画像ノイズ量 r のデータを法線情報および光源情報に関連付けたデータテーブルとして ROM105 に記憶しておき、仮想光源画像ノイズ量 r をノイズ低減情報として用いる。ステップ S106 と異なり、視線方向や反射特性情報を直接用いるものではないが、ノイズ量データを算出する際に、法線情報および光源情報に基づいて輝度値を算出する方法を用いる。したがって、光源情報、法線情報、および、(間接的な) 反射特性情報に基づいて、ノイズ低減情報を決定することができる。なお本実施例では、視線情報および反射特性情報を取得しない例を説明したが、逆光条件下での見えを再現し、または擬似的なストロボ効果を出したりするなど、光源条件を既定の一条件しか用いない場合、光源情報を取得しなくてもよい。

30

40

【0092】

(その他の実施例)

本発明は、上述の実施例の 1 以上の機能を実現するプログラムを、ネットワーク又は記憶媒体を介してシステム又は装置に供給し、そのシステム又は装置のコンピュータにおける 1 つ以上のプロセッサがプログラムを読み出し実行する処理でも実現可能である。また、1 以上の機能を実現する回路 (例えば、ASIC) によっても実現可能である。

【0093】

各実施例によれば、被写体の仮想光源画像に含まれるノイズを効果的に低減することが可能な画像処理装置、撮像装置、画像処理装置、画像処理プログラム、および、記憶媒体を提供することができる。

50

【 0 0 9 4 】

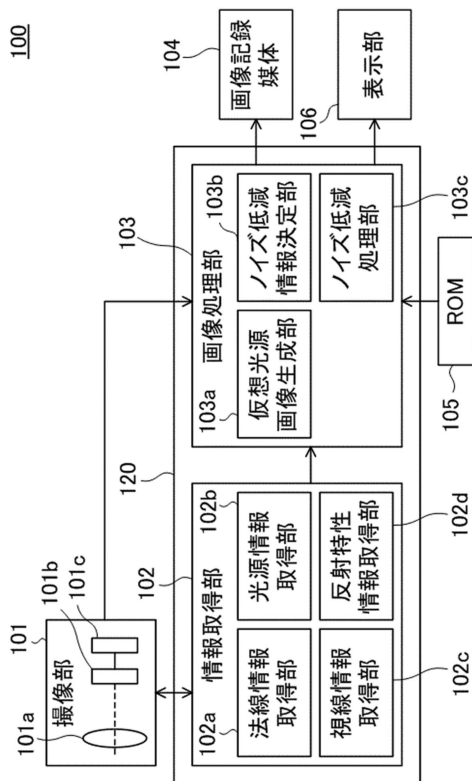
以上、本発明の好ましい実施例について説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

【 符号の説明 】

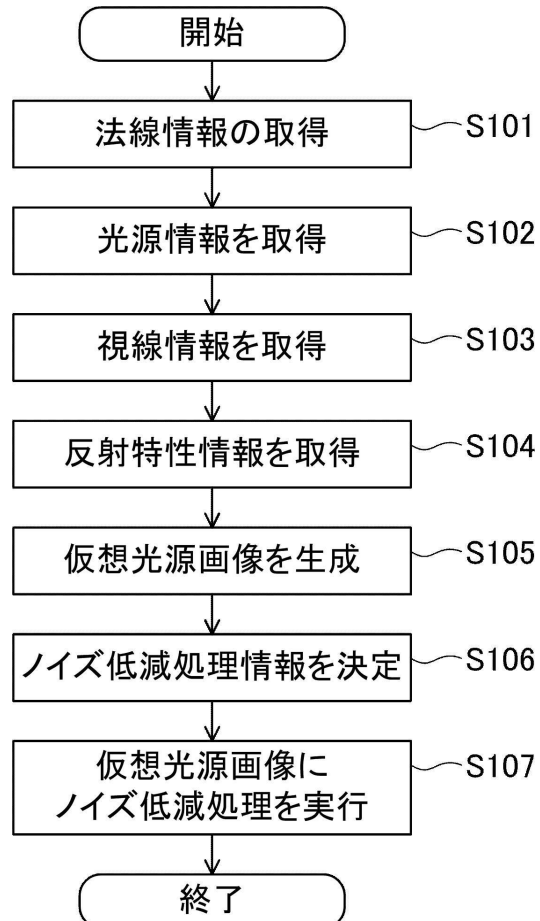
【 0 0 9 5 】

- 1 0 3 a 仮想光源画像生成部（生成手段）
 1 0 3 b ノイズ低減情報決定部（決定手段）
 1 2 0 画像処理装置

【 図 1 】



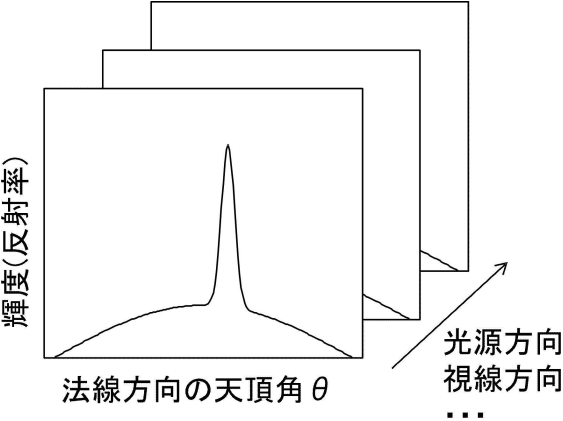
【 図 2 】



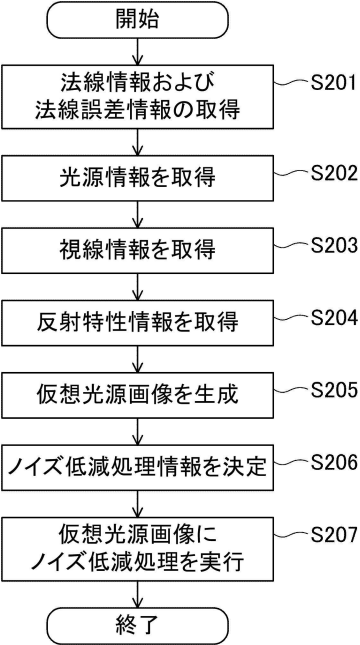
【図 3】

光源情報		法線方向	視線方向	反射特性情報			仮想光源画像 ノイズ量
強度	方向			c_d	c_s	Q	
E_1	s_1	n_1	v_1	c_{d1}	c_{s1}	Q_1	$\sigma r1$
						Q_2	$\sigma r2$
						\vdots	\dots
\dots	\dots	\dots	\dots	\dots	\dots	\dots	

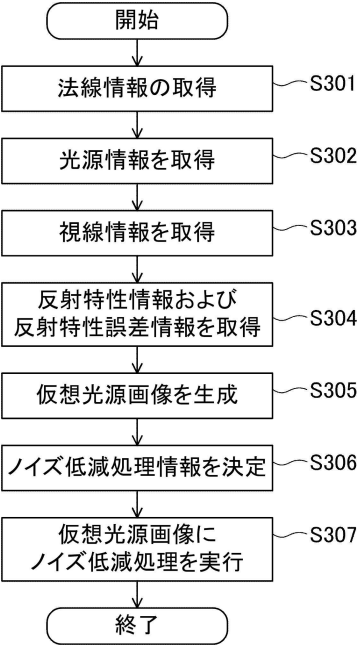
【図 4】



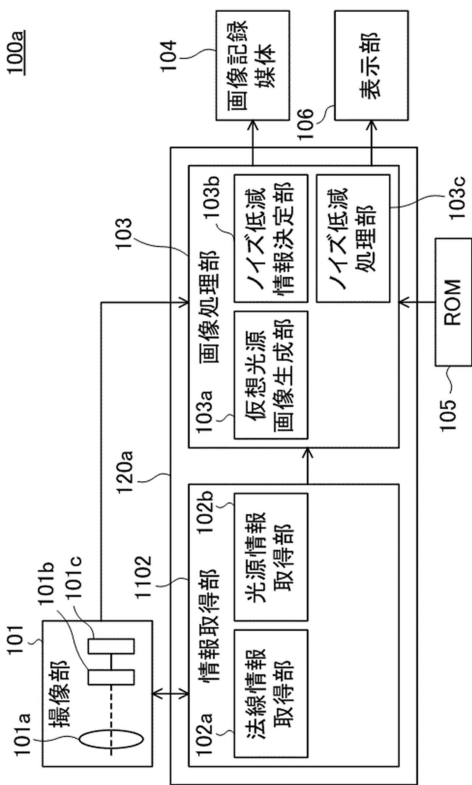
【図 5】



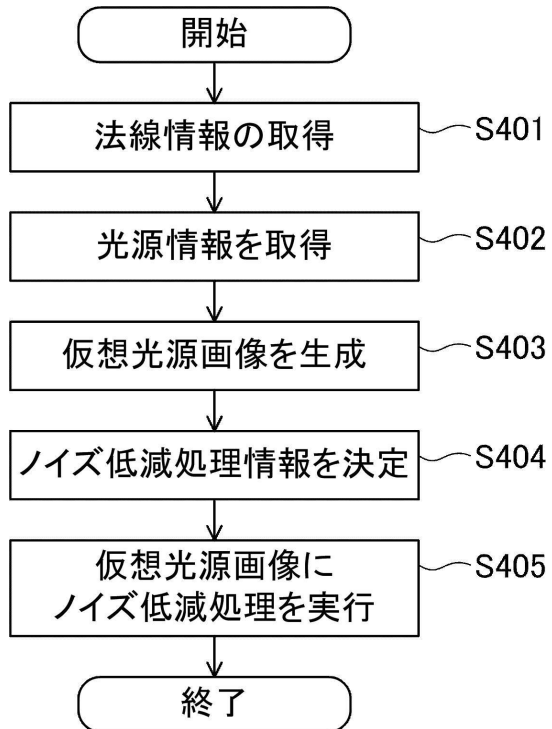
【図 6】



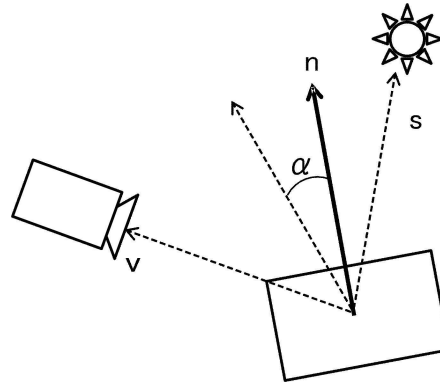
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(72)発明者 楠美 祐一

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

審査官 片岡 利延

(56)参考文献 国際公開第2014/102878(WO, A1)

米国特許出願公開第2009/0028424(US, A1)

米国特許出願公開第2003/0011596(US, A1)

米国特許出願公開第2012/0154642(US, A1)

米国特許出願公開第2013/0121567(US, A1)

米国特許出願公開第2009/0169096(US, A1)

特開2015-232486(JP, A)

特開2017-150878(JP, A)

青木義満, コンピュータ・グラフィックス, [online], 2008年, <http://www.sic.shibaura-it.ac.jp/~yaoki/cg/CG2008-10.pdf>, URL, <http://www.sic.shibaura-it.ac.jp/~yaoki/cg/CG2008-10.pdf>

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06T 15/80

G03B 15/00

H04N 5/232