

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6202118号
(P6202118)

(45) 発行日 平成29年9月27日(2017.9.27)

(24) 登録日 平成29年9月8日(2017.9.8)

(51) Int.Cl. F I
G O 6 T 15/50 (2011.01) G O 6 T 15/50

請求項の数 10 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2016-45143 (P2016-45143)	(73) 特許権者	000004237
(22) 出願日	平成28年3月9日(2016.3.9)		日本電気株式会社
(65) 公開番号	特開2017-162132 (P2017-162132A)		東京都港区芝五丁目7番1号
(43) 公開日	平成29年9月14日(2017.9.14)	(74) 代理人	100109313
審査請求日	平成28年3月9日(2016.3.9)		弁理士 机 昌彦
		(74) 代理人	100124154
			弁理士 下坂 直樹
		(72) 発明者	吉田 有宏
			東京都港区芝五丁目7番1号
			日本電気株式会社内
		審査官	千葉 久博

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 描画装置、描画方法およびプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

三次元モデルを複数の小片に分割する小片化手段と、
前記複数の小片の夫々から他の前記小片に対する方向への放射輝度である第1放射輝度を、他の小片の夫々に対して計算する計算手段と、

前記第1放射輝度に基づいて、前記複数の小片のうち視点から可視となる小片ごとに、該小片の視点方向への放射輝度である第2放射輝度を計算し、前記視点に対応する描画面面に、前記第2放射輝度を有する前記可視となる小片を投影し、描画画像を生成する描画手段と、を備えることを特徴とする描画装置。

【請求項2】

前記三次元モデルの位置および形状の変化の有無を判定する判定手段を更に備え、
前記判定手段が前記位置および前記形状の変化が無いと判定した場合、前記計算手段は、前記小片化手段が過去に前記三次元モデルを分割した際の複数の小片を用いて、前記第1放射輝度を計算する、ことを特徴とする、請求項1に記載の描画装置。

【請求項3】

前記判定手段は、更に前記三次元モデルの材質の変化の有無を判定し、
前記判定手段が前記位置、前記形状および前記材質に変化が無いと判定した場合、前記描画手段は、前記計算手段が過去に前記三次元モデルに対して計算した前記第1放射輝度に基づいて、前記第2放射輝度を計算する、ことを特徴とする請求項2に記載の描画装置。

10

20

【請求項 4】

前記小片化手段は、前記三次元モデルを、前記描画画像の品質に応じた大きさの複数の小片に分割する、ことを特徴とする請求項 1 から 3 の何れか 1 項に記載の描画装置。

【請求項 5】

三次元モデルを複数の小片に分割し、

前記複数の小片の夫々から他の前記小片に対する方向への放射輝度である第 1 放射輝度を、他の小片の夫々に対して計算し、

前記第 1 放射輝度に基づいて、前記複数の小片のうち視点から可視となる小片ごとに、該小片の視点方向への放射輝度である第 2 放射輝度を計算し、前記視点に対応する描画面面に、前記第 2 放射輝度を有する前記可視となる小片を投影し、描画画像を生成する、ことを特徴とする描画方法。

10

【請求項 6】

前記三次元モデルの位置および形状の変化の有無を判定し、

前記位置および前記形状の変化が無いと判定された場合、前記第 1 放射輝度は、過去に前記三次元モデルを分割した際の複数の小片を用いて計算される、ことを特徴とする、請求項 5 に記載の描画方法。

【請求項 7】

前記変化の有無の判定において、更に前記三次元モデルの材質の変化の有無を判定し、

前記位置、前記形状および前記材質に変化が無いと判定された場合、前記第 2 放射輝度は、過去に前記三次元モデルに対して計算した前記第 1 放射輝度に基づいて計算される、ことを特徴とする請求項 6 に記載の描画方法。

20

【請求項 8】

三次元モデルを複数の小片に分割する小片化処理と、

前記複数の小片の夫々から他の前記小片に対する方向への放射輝度である第 1 放射輝度を、他の小片の夫々に対して計算する計算処理と、

前記第 1 放射輝度に基づいて、前記複数の小片のうち視点から可視となる小片ごとに、該小片の視点方向への放射輝度である第 2 放射輝度を計算し、前記視点に対応する描画面面に、前記第 2 放射輝度を有する前記可視となる小片を投影し、描画画像を生成する描画処理と、をコンピュータに実行させることを特徴とするプログラム。

【請求項 9】

30

前記三次元モデルの位置および形状の変化の有無を判定する判定処理を更にコンピュータに実行させ、

前記位置および前記形状の変化が無いと判定された場合、前記計算処理は、前記小片化処理において過去に前記三次元モデルを分割した際の複数の小片を用いて、前記第 1 放射輝度を計算する、ことを特徴とする、請求項 8 に記載のプログラム。

【請求項 10】

前記判定処理は、更に前記三次元モデルの材質の変化の有無を判定し、

前記位置、前記形状および前記材質に変化が無いと判定された場合、前記描画処理は、前記計算処理において過去に前記三次元モデルに対して計算した前記第 1 放射輝度に基づいて、前記第 2 放射輝度を計算する、ことを特徴とする請求項 9 に記載のプログラム。

40

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、大域照明グラフィックスの描画装置、描画方法およびプログラムに関する。

【背景技術】**【0002】**

大域照明グラフィックスの描画において、拡散表面の反射光が別の拡散表面の入射光となる条件の下、複数の拡散表面間の光線の放射輝度を求めることにより、他の方法より比較的少ない処理量で間接照明の表現を可能とする「ラジオシティ」と呼ばれる方法が提案されている（非特許文献 1）。

50

【0003】

また、三次元グラフィックスの描画画像は、視点に入る光が結像したものであるが、これを視点から逆に光線を追跡することで、反射や屈折の表現を可能とした方法を「レイトレーシング」と呼ぶ。レイトレーシングでは写實的に拡散反射等を扱えない課題があり、これを解決する「分散レイトレーシング」と呼ばれる方法が提案されている（非特許文献2）。

【0004】

また、分散レイトレーシングの処理量が拡散反射毎に指数関数的に増加する課題を解決するため、反射方向をひとつ乱択し、これを多数回繰り返した結果を平均化することで処理量を抑制する「パストレーシング」と呼ばれる方法が提案されている（非特許文献3）

10

【0005】

また、特許文献1には、ラジオシティ法を用いた照明シミュレータが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2010-44738号公報

【非特許文献】

【0007】

【非特許文献1】Cindy M. Goral, Kenneth E. Torrance, Donald P. Greenberg, Bennett Battaille, 「Modeling the Interaction of Light Between Diffuse Surfaces」、ACM SIGGRAPH Computer Graphics, ACM, 1984年7月、Volume 18、Number 3、pp. 213~222

20

【非特許文献2】Robert L. Cook, Thomas Porter, Loren Carpenter, 「Distributed Ray Tracing」、ACM SIGGRAPH Computer Graphics, ACM, 1984年7月、Volume 18、Number 3、pp. 137~145

【非特許文献3】James T. Kajiya, 「THE RENDERING EQUATION」、ACM SIGGRAPH Computer Graphics, ACM, 1986年8月、Volume 20、Number 4、pp. 143~150

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

非特許文献2に関連する技術である画像にノイズが載らず、拡散反射以外の反射も扱うことのできる分散レイトレーシングでは、拡散反射毎に多方向に発生する光線の追跡を要し、処理量が指数関数的に増加する可能性が高い。よって、非特許文献2に関連する技術では、効率よく描画画像を生成することができない場合がある。

40

【0009】

また、非特許文献3に関連する技術である、拡散反射毎に処理量が指数関数的に増加することがなく、拡散反射以外の反射も扱うことのできるパストレーシングでは、拡散反射毎に反射方向をひとつだけ乱択する。そのため、非特許文献3に関連する技術では、乱択に起因するノイズが画像全体に分布してしまい、描画画像にノイズが載ってしまう可能性がある。よって、非特許文献3に関連する技術では、描画画像の精度が低下してしまう可能性がある。

【0010】

また、非特許文献1および特許文献1に関連する技術である、拡散反射毎に処理量が指数関数的に増加することがなく、画像にノイズが載らないラジオシティでは、処理の単純

50

化のために拡散反射のみを前提とした方法である。したがって、ラジオシティでは、拡散反射以外の反射、つまり、鏡面反射や透過、屈折を扱うことができない。よって、非特許文献 1 および特許文献 1 に関連する技術では、汎用性が低下してしまう。

【 0 0 1 1 】

本発明は上記課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、高精度な描画画像を効率よく生成する汎用性が高い描画装置、描画方法およびプログラムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 2 】

本発明の一態様に係る描画装置は、三次元モデルを複数の小片に分割する小片化手段と、前記複数の小片の夫々から他の前記小片に対する方向への放射輝度である第 1 放射輝度を、他の小片の夫々に対して計算する計算手段と、前記第 1 放射輝度に基づいて、前記複数の小片のうち視点から可視となる小片ごとに、該小片の視点方向への放射輝度である第 2 放射輝度を計算し、前記視点に対応する描画面面に、前記第 2 放射輝度を有する前記可視となる小片を投影し、描画画像を生成する描画手段と、を備える。

10

【 0 0 1 3 】

本発明の一態様に係る描画方法は、三次元モデルを複数の小片に分割し、前記複数の小片の夫々から他の前記小片に対する方向への放射輝度である第 1 放射輝度を、他の小片の夫々に対して計算し、前記第 1 放射輝度に基づいて、前記複数の小片のうち視点から可視となる小片ごとに、該小片の視点方向への放射輝度である第 2 放射輝度を計算し、前記視点に対応する描画面面に、前記第 2 放射輝度を有する前記可視となる小片を投影し、描画画像を生成する。

20

【 0 0 1 4 】

なお、上記各装置または方法を、コンピュータによって実現するコンピュータプログラム、およびそのコンピュータプログラムが格納されている、コンピュータ読み取り可能な非一時的記録媒体も、本発明の範疇に含まれる。

【発明の効果】

【 0 0 1 5 】

本開示によれば、高精度な描画画像を効率よく生成する汎用性が高い描画装置、描画方法およびプログラムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

30

【 0 0 1 6 】

【図 1】第 1 の実施の形態に係る描画装置の機能構成の一例を示す機能ブロック図である。

【図 2】小片化部が三次元モデルを小片化する場合の一例を示す図である。

【図 3】複数の小片と、放射輝度との関係性を表す小片グラフを説明するための図である。

【図 4】小片間の放射輝度を説明するための図である。

【図 5】小片に入射する放射輝度と該小片から他の小片に対する第 1 放射輝度との関係を示す図である。

【図 6】第 1 放射輝度の計算の動作を擬似コードで示した場合の一例を示す図である。

40

【図 7】計算部が計算した第 1 放射輝度の一例を示す図である。

【図 8】描画部の動作を説明するための図である。

【図 9】描画部による描画処理の動作を擬似コードで示した場合の一例を示す図である。

【図 10】第 1 の実施の形態に係る描画装置の動作の流れの一例を示すフローチャートである。

【図 11】第 2 の実施の形態に係る描画装置の機能構成の一例を示す機能ブロック図である。

【図 12】第 2 の実施の形態に係る描画装置の動作の流れの一例を示すフローチャートである。

【図 13】本発明の各実施の形態を実現可能なコンピュータ（情報処理装置）のハードウ

50

エア構成を例示的に説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

<第1の実施の形態>

本発明の第1の実施の形態について、図面を参照して説明する。図1は、本実施の形態に係る描画装置10は、小片化部11と、計算部12と、描画部13とを備える。

【0018】

小片化部11は、三次元モデルを複数の小片に分割する。そして、小片化部11は、小片化した結果を計算部12に供給する。

【0019】

計算部12は、小片化部11から小片化の結果を受け取る。計算部12は、複数の小片の夫々から他の小片に対する方向への放射輝度である第1放射輝度を計算する。計算部12は、複数の小片の夫々における、他の小片の夫々に対する第1放射輝度を計算する。計算部12は計算した第1放射輝度を描画部13に供給する。

【0020】

描画部13は、計算部12から、第1放射輝度を受け取る。描画部13は、受け取った第1放射輝度に基づいて、複数の小片のうち、視点から可視となる小片ごとに、該小片の視点方向への放射輝度である第2放射輝度を計算する。そして、描画部13は、視点に対応する描画面に、第2放射輝度を有する可視となる小片を投影し、描画画像を生成する。

【0021】

これにより、本実施の形態に係る描画装置10は、高精度な描画画像を効率よく生成することができ、高い汎用性を有する。以降、各部の動作について、詳細に説明する。

【0022】

小片化部11は三次元モデルを入力とし、該三次元モデルを小片に分割することによって、複数の小片を生成する。以下では、この小片に分割することを小片化または小片化処理と呼ぶ。ここで小片とは、パッチ（小平面、小曲面など）、ポイント（点、小球など）、セル（グリッドや八分木等の立方体、直方体など）などを示し、その形状は、どのような形状であってもよい。また小片の形状は、これらの組み合わせであってもよい。

【0023】

また、小片化部11による小片の生成方法（小片に分割する方法）は特に限定されず、再帰的な曲面分割に基づく方法、クリッドや八分木による空間分割に基づく方法などの一般的な手法を用いてもよい。

【0024】

また、小片化部11は、小片の大きさ（細かさ）を例えば解像度などの描画画像の品質に応じて調整してもよい。例えば、小片化部11は、描画部13が描画する描画画像の解像度が所定の閾値より高い場合、小片の細かさをより小さくしてもよい。これにより、描画装置10は高精度な描画画像を出力することができる。

【0025】

図2は、小片化部11が三次元モデルを小片化する場合の一例を示す図である。図2では丸および矩形の三次元モデルを例に説明を行う。小片化部11は、例えば、N個（Nは2以上の自然数）の小片に、三次元モデルを分割する。そして、小片化部11は、生成した複数の小片と、放射輝度との関係性を表す小片グラフを生成する。小片グラフについて、図3を参照して説明する。この小片グラフは、図3に示す通り、小片を頂点とし、ある小片から他の小片に対する方向への放射輝度を辺とするグラフである。

【0026】

図3では、4つの小片（21a～21d）を頂点とし、夫々の小片から他の小片に対する放射輝度を矢印で示している。図2において、例えば、放射輝度22abは、小片21aから小片21b方向への放射輝度を表現している。つまり、各矢印は、矢印の元（始点）から矢印の先（終点）に向かう放射輝度を表現している。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 7 】

小片化部 1 1 は、図 2 に示す複数の小片を用いて、小片グラフを生成し、生成した小片グラフを計算部 1 2 に供給する。なお、本実施の形態では、小片グラフを生成する部材が小片化部 1 1 であるとして説明を行うが、計算部 1 2 が小片化部 1 1 から複数の小片を受け取り、小片グラフを生成してもよい。

【 0 0 2 8 】

計算部 1 2 は、小片化部 1 1 から小片グラフを受け取る。そして、計算部 1 2 は、ある小片から他の小片に対する方向への放射輝度である第 1 放射輝度を計算する計算処理を行う。図 2 に示すように、小片化部 1 1 が連続無限数の点で構成されるとみなされる三次元モデルを、有限数の小片に分割している。これにより、描画装置 1 0 は、第 1 放射輝度の計算量を、計算部 1 2 が計算可能な量に削減することができる。これにより、描画装置 1 0 は、描画処理量の指数関数的増加を解消できる。例えば、上述した通り、小片化部 1 1 が三次元モデルを N 個の小片に分割した場合、計算部 1 2 は、多くても $N \times (N - 1)$ の数の第 1 放射輝度を計算すればよい。実際には、小片間に別の小片が存在する場合は数多くあり、多数の光線が遮蔽される。したがって、計算部 1 2 が実際に計算する第 1 放射輝度の数は、 $N \times (N - 1)$ よりも少ない数になる。

【 0 0 2 9 】

図 4 および図 5 を参照して計算部 1 2 の動作について説明する。図 4 は、小片間の放射輝度を説明するための図である。

【 0 0 3 0 】

図 4 に示す矩形の小片は、図 2 に示した矩形の三次元モデルを分割した際の小片を示し、丸形の小片は、図 2 に示した丸形の三次元モデルを分割した際の小片を示す。なお、矩形の三次元モデルは、不透明な物体を表しているとし、丸形の三次元モデルは透明な物体を表しているとする。この場合、矩形の小片は、反射体であり、丸形の小片は透明反射体となりうる。したがって、計算部 1 2 は、丸形の三次元モデルに対して光線を入射できる反射体（図 4 では、黒塗りの矩形の小片）の夫々から、丸形の小片の夫々に向かう方向への第 1 放射輝度を計算する。また、同様に、計算部 1 2 は、丸形の小片の夫々から、黒塗りの矩形の小片の夫々に対する方向への第 1 放射輝度を計算する。また、丸形の小片は、透明反射体であるため、計算部 1 2 は、ある丸形の小片から他の丸形の小片方向への第 1 放射輝度を計算する。図 4 では、ある小片から他の小片方向への第 1 放射輝度と上記他の小片からある小片方向への第 1 放射輝度をと双方向の矢印で示し、小片間の放射輝度と呼んでいる。また、図 4 に示す双方向の矢印は説明の便宜上、一部のみを示している。

【 0 0 3 1 】

上述した通り、矩形の小片のうち、丸形の三次元モデルに対して光線を入射できる反射体は、黒塗りの矩形の小片であり、白塗りの矩形の小片は、丸形の三次元モデルに対して光線を入射しない。また、矩形の小片は、透明体ではないので、他の矩形の小片に対して光線を入射しない。したがって、上述した通り、計算部 1 2 が実際に計算する第 1 放射輝度の数は、 $N \times (N - 1)$ よりも少ない数になる。

【 0 0 3 2 】

計算部 1 2 は、図 4 のような矢印を用いて表現された小片グラフを小片化部 1 1 から受け取り、小片グラフに基づいて、第 1 放射輝度を計算する。

【 0 0 3 3 】

図 5 は、ある小片に入射する放射輝度と該小片から他の小片に対する第 1 放射輝度との関係を示す図であり、計算部 1 2 による第 1 放射輝度の計算方法を模式的に示す図である。図 5 に示す通り、計算部 1 2 が計算する第 1 放射輝度 I を破線の矢印で示している。図 5 では、計算部 1 2 は、小片 2 1 e から小片 2 1 f 方向への第 1 放射輝度 I を計算するとする。計算部 1 2 が計算する第 1 放射輝度 I は、第 1 放射輝度 I に関する矢印（図 5 の場合、破線の矢印）の始点となる小片 2 1 e に入射するすべての放射輝度 J と、小片 2 1 e 自身の放射輝度により決定される。この関係は循環依存にあり、各関係式は一次式であるので、連立一次方程式を成す。計算部 1 2 は、この連立一次方程式を解くことですべての

10

20

30

40

50

各小片から他の小片に対する第1放射輝度を計算する。

【0034】

具体的には、計算部12は、小片グラフから連立一次方程式を生成し、これを解いて、すべての、各小片から他の小片に対する第1放射輝度を計算する。

【0035】

図6は第1放射輝度の計算の動作を擬似コードで示した場合の一例を示す図である。図6のうち、左側の数字は、行番号を示している。なお、計算部12は、上述した通り、連立一次方程式の求解を行うが、図6では簡単のため、計算部12が緩和法を用いて求解するとしている。なお、これは計算部12による求解法の一つであって、計算部12に適用できる求解法はこれに限らない。

10

【0036】

図6のうち、3～7行目は、第1放射輝度の関係式を表している。各第1放射輝度Iは、以下の(1)と(2)との和である。これを、図5を用いて説明する。

(1) 第1放射輝度Iに関する矢印である破線の矢印の始点となる小片21e自身の、第1放射輝度Iに関する破線の矢印方向(小片21eから小片21f方向)への放射輝度。

(2) 破線の矢印の始点となる小片21eに入射するすべての放射輝度Jの夫々に、該放射輝度Jに関する実線の矢印方向から小片21eに入射する該放射輝度Jの、破線の矢印方向への反射率を乗じたもの。

【0037】

なお、上記反射率は、図示しない記憶部等に記憶された材質データや反射率を求めるためのパラメータから求められるものであってもよい。

20

【0038】

そして、計算部12は、2～8行目のループで、すべての第1放射輝度についてこの計算を行う。そして、計算部12は、1～9行目のループで繰り返し、前回の結果と今回の結果との差により、収束判定を行い、処理を終了する。

【0039】

計算部12による第1放射輝度の計算では、乱数を用いた乱択といった手法は不要であり、確定的な手順で計算を行う。これにより、本実施の形態に係る描画装置10は、乱択に起因する画像のノイズの発生を抑えることができる。

【0040】

そして、計算部12は、計算した第1放射輝度を、描画部13に供給する。図7に、計算部12が計算し、描画部13に供給した第1放射輝度の一例を示す。図7に示す通り、計算部12が計算した第1放射輝度Iは、第1放射輝度Iに関する矢印(図5における破線の矢印)の始点となる小片を表す識別子と、矢印の方向の小片(矢印の終点となる小片)を表す識別子とに関連付けられている。なお、小片は識別子ではなく、例えば、三次元座標で表されてもよい。

30

【0041】

描画部13は、計算部12から図7に示すような第1放射輝度を受け取る。描画部13は、受け取った第1放射輝度に基づいて、該第1放射輝度に関連する複数の小片のうち、視点から可視となる小片ごとに、該小片の視点方向への放射輝度である第2放射輝度を計算する。ここで視点から可視となる小片とは、視野の範囲内にあり、他の手前の小片(視点方向側に存在する小片)に隠されていない小片を意味する。

40

【0042】

図8は、描画部13の動作を説明するための図である。描画部13に示す通り、実線の矢印は、各小片から視点方向への放射輝度を表している。図8に示す小片のうち、矢印の始点となる小片のみが視点から可視となる小片であるとする。描画部13は、図6を用いて説明した第1放射輝度の計算方法と同様の方法で、視点から可視となる小片ごとに、第2放射輝度を計算する。

【0043】

そして、描画部13は、視点に対応する描画面面に、可視となる小片を投影する。この

50

とき描画部 13 は、各小片が、計算した第 2 放射輝度を有するように、各小片を投影する。具体的には、描画部 13 は、各小片に対し、該小片が有する第 2 放射輝度に対応する色を求め、該小片が該色を有するように、描画画面に該小片を投影する。これにより、描画部 13 は、描画画像を生成する。

【 0 0 4 4 】

図 9 は描画部 13 による描画処理の動作を擬似コードで示した場合の一例を示す図である。図 9 では、上述した、視点から可視となる小片を「可視な小片」と記載している。

【 0 0 4 5 】

図 9 の 2 ~ 5 行目で、描画部 13 は、可視な小片の視点方向への放射輝度である第 2 放射輝度を計算する。

各第 2 放射輝度は、以下の (1) と (2) との和である。

(1) 小片の視点方向への放射輝度。

(2) 小片に入射するすべての放射輝度 J の夫々に、該小片に入射する該放射輝度 J の視点方向への反射率を乗じたもの。

【 0 0 4 6 】

そして、6 行目で、描画部 13 は、視点に対応する描画画面の各小片の投影位置に、求めた第 2 放射輝度に基づいた色で各小片を投影することにより、各小片を描画する。描画部 13 が描画する各小片の形状は小片の形状に依存してもよいし、異なる形状であってもよい。描画部 13 は、画像品質に応じて、各小片を近似形状、例えば一律に正方形で描画してもよい。

【 0 0 4 7 】

そして、描画部 13 は、1 ~ 7 行目のループで、すべての可視な小片について描画処理を行う。

【 0 0 4 8 】

次に、図 10 を参照して、本実施の形態に係る描画装置 10 の動作の流れについて説明する。図 10 は、本実施の形態に係る描画装置 10 の動作の流れの一例を示すフローチャートである。

【 0 0 4 9 】

図 10 に示す通り、小片化部 11 が三次元モデルを複数の小片に分割する (ステップ S 1) 。そして、計算部 12 がある小片から他の小片に対する方向への放射輝度である第 1 放射輝度を、複数の小片の夫々から、他の小片の夫々に対して計算する (ステップ S 2) 。

【 0 0 5 0 】

そして、描画部 13 が第 1 放射輝度に基づいて、複数の小片のうち視点から可視となる小片ごとに、該小片の視点方向への放射輝度である第 2 放射輝度を計算する (ステップ S 3) 。そして、描画部 13 が、視点に対応する描画画面に、第 2 放射輝度を有する可視となる小片を投影し、描画画像を生成する (ステップ S 4) 。

【 0 0 5 1 】

以上により、描画装置 10 は処理を終了する。

【 0 0 5 2 】

以上のように、本実施の形態に係る描画装置 10 は、描画画像を効率よく生成することができる。なぜならば、小片化部 11 が連続無限数の点で構成されるとみなされる三次元モデルを、有限数の小片に分割し、計算部 12 が、複数の小片の夫々に対し、ある小片から他の小片に対する光線の第 1 放射輝度を計算するためである。これにより、計算部 12 が計算する第 1 放射輝度の数を計算可能な量に削減することができる。よって、描画装置 10 は、描画処理量の指数関数的増加を解消できるため、高速に描画処理を行うことができる。

【 0 0 5 3 】

また、本実施の形態に係る描画装置 10 は高精度な描画画像を生成することができる。なぜならば、計算部 12 による第 1 放射輝度の計算において、乱数を用いた乱択といった

10

20

30

40

50

手法ではなく、確定的な手順で計算を行うため、描画部 1 3 が描画する描画画像にノイズが発生しないからである。

【 0 0 5 4 】

また、本実施の形態に係る描画装置 1 0 は、高汎用性を有することができる。なぜならば、計算部 1 2 が計算する第 1 放射輝度に基づいて、描画部 1 3 が各小片から視点方向に対する第 2 放射輝度を、その都度計算するからである。これにより、描画装置 1 0 は、拡散反射に限らずあらゆる反射モデルを扱うことができるからである。

【 0 0 5 5 】

< 第 2 の実施の形態 >

次に、本発明の第 2 の実施の形態について説明する。上述した第 1 の実施の形態では、
三次元モデルが入力されると、その形状等の変化の有無にかかわらず、小片化処理および
第 1 放射輝度の計算処理を行う。本実施の形態では、三次元モデルの形状等の変化が無い
場合の描画装置の処理の他の例について説明する。

10

【 0 0 5 6 】

図 1 1 は、本実施の形態に係る描画装置 2 0 の機能構成の一例を示す機能ブロック図である。なお、説明の便宜上、前述した第 1 の実施の形態で説明した図面に含まれる部材と同じ機能を有する部材については、同じ符号を付し、その説明を省略する。

【 0 0 5 7 】

図 1 1 に示す通り、本実施の形態に係る描画装置 2 0 は、小片化部 1 1 と、計算部 1 2
と、描画部 1 3 と、判定部 1 4 と、記憶部 1 5 とを備える。

20

【 0 0 5 8 】

小片化部 1 1 は、上述した第 1 の実施の形態における小片化部 1 1 と同様に、三次元モデルを小片化する。ここで、本実施の形態における小片化部 1 1 は、小片化の対象となった三次元モデルに関する情報である三次元モデル情報を、記憶部 1 5 に格納する。三次元モデル情報とは、三次元モデルの形状を示す情報、位置を示す情報、材質データ等が挙げられるが、特に限定されるものではない。なお、材質データとは、反射率を求めるためのパラメータ等が挙げられる。また、小片化部 1 1 は、該三次元モデル情報に関連付けて、小片化した結果（小片化情報と呼ぶ）を計算部 1 2 に供給すると共に記憶部 1 5 に格納する。小片化情報とは、小片数、各小片の大きさ、位置、形状等を含む情報であってもよいし、前述した小片グラフであってもよい。

30

【 0 0 5 9 】

計算部 1 2 は、上述した第 1 の実施の形態における計算部 1 2 と同様に、ある小片から他の小片に対する放射輝度である第 1 放射輝度を、複数の小片の夫々から他の複数の小片の夫々に対して計算する。そして、計算部 1 2 は、例えば、図 7 に示す計算した第 1 放射輝度を、受け取った小片化情報に関連付けられた三次元モデル情報に関連付けて記憶部 1 5 に格納する。

【 0 0 6 0 】

判定部 1 4 は、小片化部 1 1 に入力される三次元モデルと同様の三次元モデルを入力とする。そして、判定部 1 4 に入力された三次元モデルの位置および形状の変化の有無を判定する。判定部 1 4 は、さらに、三次元モデルの材質の変化の有無を判定する。具体的には、判定部 1 4 は、入力された三次元モデルの位置および形状が、記憶部 1 5 に格納された三次元モデル情報によって示される三次元モデルの何れかの位置および形状と同じであるか否か（変化があるか否か）を判定する。そして、三次元モデルの位置および形状が、以前に入力された三次元モデルの位置および形状から変化が無い場合、更に判定部 1 4 は、この三次元モデルの材質に変化が無いか否かを判定する。判定部 1 4 は、記憶部 1 5 に格納された三次元モデル情報のうち、入力された三次元モデルと位置および形状が同じであると判定された三次元モデルの三次元モデル情報に含まれる材質データを用いて、入力された三次元モデルと該三次元モデル情報によって表される三次元モデルとの間で材質の変化の有無を判定する。

40

【 0 0 6 1 】

50

判定部 14 は、判定結果に基づいて、計算部 12 または描画部 13 に対して、指示を送信する。判定部 14 の動作および判定部 14 からの指示を受け取った計算部 12 および描画部 13 の動作は、図 12 のフローチャートを用いて説明する。

【0062】

図 12 は、本実施の形態に係る描画装置 20 の動作の流れの一例を示すフローチャートである。なお、図 10 を用いて説明したフローチャートと同じ処理については、同じ符号を付している。以下では、過去に入力された三次元モデルを、過去の三次元モデルと呼ぶ。

【0063】

図 12 に示す通り、描画装置 20 に三次元モデルが入力されると、判定部 14 は、記憶部 15 を参照し、該三次元モデルの位置および形状が以前に描画装置 20 に入力され、小片化部 11 によって小片化処理が行われた過去の三次元モデルの位置および形状から変化があるか否かを判定する（ステップ S11）。変化がある場合（ステップ S11 にて YES）、判定部 14 は、小片化部 11 に対し、小片化処理の実行指示を送信する。小片化部 11 は、この指示を受け取ると、該指示に基づいて上述した第 1 の実施の形態と同様に、三次元モデルを複数の小片に分割する（ステップ S1）。その後、計算部 12 が第 1 放射輝度を計算し（ステップ S2）、描画部 13 が第 2 放射輝度を計算し（ステップ S3）、描画部 13 が描画画像を生成する（ステップ S4）。

【0064】

変化が無い場合（ステップ S11 にて NO）、判定部 14 は、更に、入力された三次元モデルの材質が、位置および形状に変化が無いと判定した過去の三次元モデルの材質から変化があるか否かを判定する（ステップ S12）。変化がある場合（ステップ S12 にて YES）、判定部 14 は記憶部 15 に格納された、過去の三次元モデルの三次元モデル情報に関連付けられた小片化結果を用いて第 1 放射輝度を計算する計算指示を計算部 12 に送信する。そして、計算部 12 は、上記計算指示を受け取ると、受け取った計算指示に基づいて、記憶部 15 から、第 1 放射輝度の計算に用いる小片化結果を取得する（ステップ S13）。そして、計算部 12 は、取得した小片化結果を用いて、第 1 放射輝度を計算する（ステップ S2）。その後、描画部 13 が、ステップ S3 とステップ S4 を行う。

【0065】

つまり、入力された三次元モデルの位置および形状が、過去の三次元モデルの位置および形状から変化が無い場合、描画装置 20 は、小片化部 11 の処理を省略することができる。これにより、本実施の形態に係る描画装置 20 は、小片化処理にかかる処理量を削減することができる。

【0066】

過去の三次元モデルの材質から変化が無い場合（ステップ S12 にて NO）、判定部 14 は記憶部 15 に格納された、過去の三次元モデルの三次元モデル情報に関連付けられた第 1 放射輝度を用いて第 2 放射輝度を計算する計算指示を描画部 13 に送信する。そして、描画部 13 は、上記計算指示を受け取ると、受け取った計算指示に基づいて、記憶部 15 から、第 2 放射輝度の計算に用いる第 1 放射輝度を取得する（ステップ S14）。そして、描画部 13 は、取得した第 1 放射輝度に基づいて、第 2 放射輝度を計算し（ステップ S3）、描画画像を生成する（ステップ S4）。

【0067】

つまり、入力された三次元モデルの位置、形状および材質が、過去の三次元モデルの位置、形状および材質から変化が無い場合、描画装置 20 は、小片化部 11 および計算部 12 の処理を省略することができる。これにより、本実施の形態に係る描画装置 20 は、小片化処理および第 1 放射輝度の計算処理にかかる処理量を削減することができる。

【0068】

（ハードウェア構成について）

本発明の各実施形態において、描画装置の各構成要素は、機能単位のブロックを示している。描画装置の各構成要素の一部又は全部は、例えば、図 13 に示すような情報処理装

10

20

30

40

50

置 900 とプログラムとの任意の組み合わせにより実現される。図 13 は、描画装置の各構成要素を実現する情報処理装置 900 のハードウェア構成の一例を示すブロック図である。情報処理装置 900 は、一例として、以下のような構成を含む。

【0069】

- ・CPU (Central Processing Unit) 901
- ・ROM (Read Only Memory) 902
- ・RAM (Random Access Memory) 903
- ・RAM 903 にロードされるプログラム 904
- ・プログラム 904 を格納する記憶装置 905
- ・記録媒体 906 の読み書きを行うドライブ装置 907
- ・通信ネットワーク 909 と接続する通信インタフェース 908
- ・データの入出力を行う入出力インタフェース 910
- ・各構成要素を接続するバス 911

10

各実施形態における描画装置の各構成要素は、これらの機能を実現するプログラム 904 を CPU 901 が取得して実行することで実現される。描画装置の各構成要素の機能を実現するプログラム 904 は、例えば、予め記憶装置 905 や RAM 903 に格納されており、必要に応じて CPU 901 が読み出す。なお、プログラム 904 は、通信ネットワーク 909 を介して CPU 901 に供給されてもよいし、予め記録媒体 906 に格納されており、ドライブ装置 907 が当該プログラムを読み出して CPU 901 に供給してもよい。

20

【0070】

描画装置の実現方法には、様々な変形例がある。例えば、描画装置は、構成要素毎にそれぞれ別個の情報処理装置 900 とプログラムとの任意の組み合わせにより実現されてもよい。また、描画装置が備える複数の構成要素が、一つの情報処理装置 900 とプログラムとの任意の組み合わせにより実現されてもよい。

【0071】

また、描画装置の各構成要素の一部又は全部は、その他の汎用または専用の回路、プロセッサ等やこれらの組み合わせによって実現される。これらは、単一のチップによって構成されてもよいし、バスを介して接続される複数のチップによって構成されてもよい。

【0072】

描画装置の各構成要素の一部又は全部は、上述した回路等とプログラムとの組み合わせによって実現されてもよい。

30

【0073】

描画装置の各構成要素の一部又は全部が複数の情報処理装置や回路等により実現される場合には、複数の情報処理装置や回路等は、集中配置されてもよいし、分散配置されてもよい。例えば、情報処理装置や回路等は、クライアントアンドサーバシステム、クラウドコンピューティングシステム等、各々が通信ネットワークを介して接続される形態として実現されてもよい。

【0074】

なお、上述した各実施の形態は、本発明の好適な実施の形態であり、上記各実施の形態にのみ本発明の範囲を限定するものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において当業者が上記各実施の形態の修正や代用を行い、種々の変更を施した形態を構築することが可能である。

40

【0075】

以上のように、本開示における描画装置 10 および描画装置 20 は、大域照明グラフィックス描画装置に好適に適用できる。

【符号の説明】

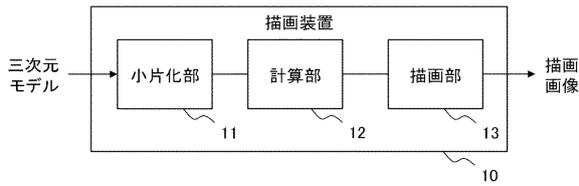
【0076】

- 10 描画装置
- 11 小片化部

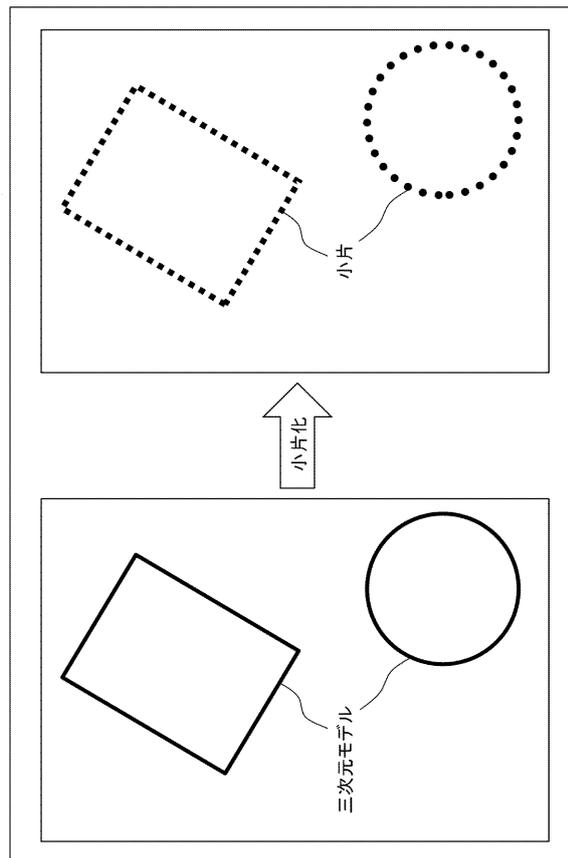
50

- 1 2 計算部
- 1 3 描画部
- 1 4 判定部
- 1 5 記憶部
- 2 0 描画装置
- 2 1 小片
- 9 0 0 情報処理装置
- 9 0 1 CPU
- 9 0 2 ROM
- 9 0 3 RAM
- 9 0 4 プログラム
- 9 0 5 記憶装置
- 9 0 6 記録媒体
- 9 0 7 ドライブ装置
- 9 0 8 通信インターフェース
- 9 0 9 ネットワーク
- 9 1 0 入出力インターフェース
- 9 1 1 バス

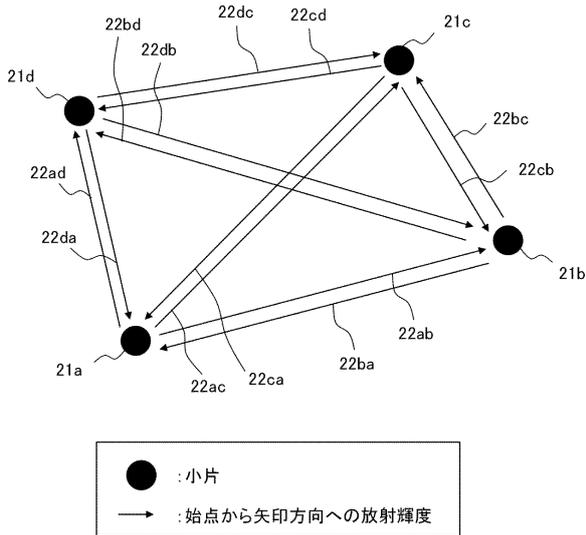
【図 1】



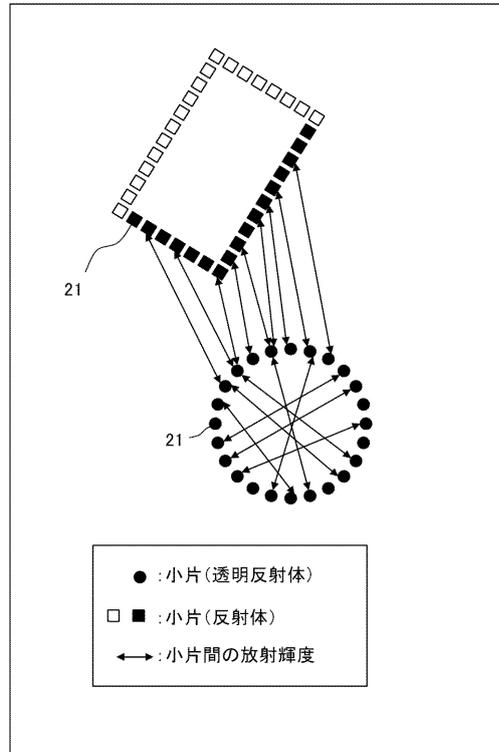
【図 2】



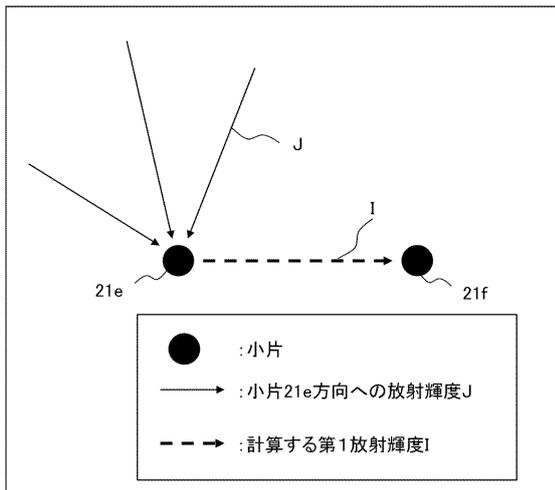
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

```

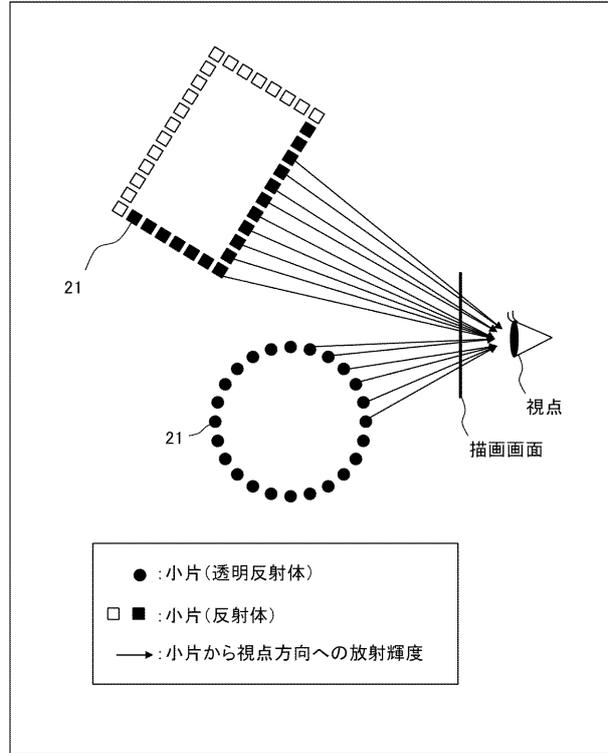
1: while 放射輝度が収束していない {
2:   for each 第1放射輝度 I {
3:     a = Iに関する矢印の始点となる小片から該矢印方向への放射輝度
4:     for each Iに関する矢印の始点となる小片に入射する放射輝度 J {
5:       a = a + J * (Jに関する矢印の方向からIに関する矢印の方向への反射率)
6:     }
7:     I = a
8:   }
9: }

```

【図7】

始点の小片	終点の小片	第1放射輝度 (W/sr/m ²)
21a	21b	xxxxx
21a	21c	xxxxy
21a	21d	xxxzx
21b	21a	yyyya
21b	21c	yyyyc
⋮	⋮	⋮

【図8】

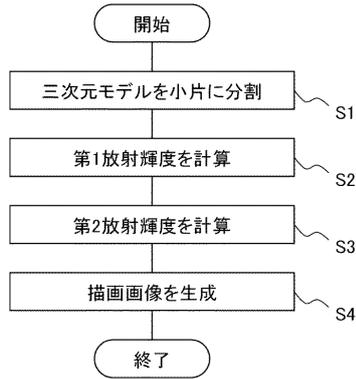


【図9】

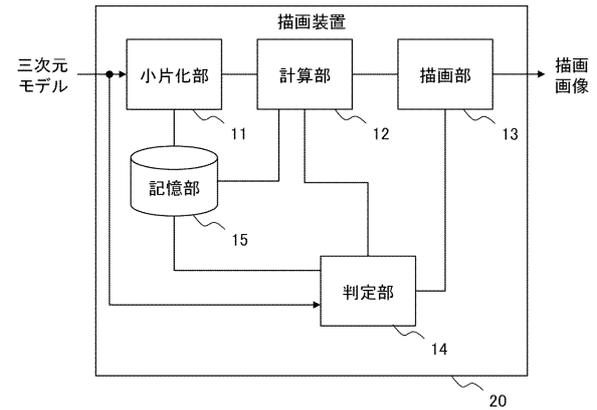
```

1: for each 可視な小片 {
2:   a = 小片から視点方向への第2放射輝度
3:   for each 小片に入射する放射輝度J {
4:     a = a + J * (Jに関する矢印の方向から視点方向への反射率)
5:   }
6:   第2放射輝度aに対応する色で、小片を描画面の投影位置に描画
7: }
    
```

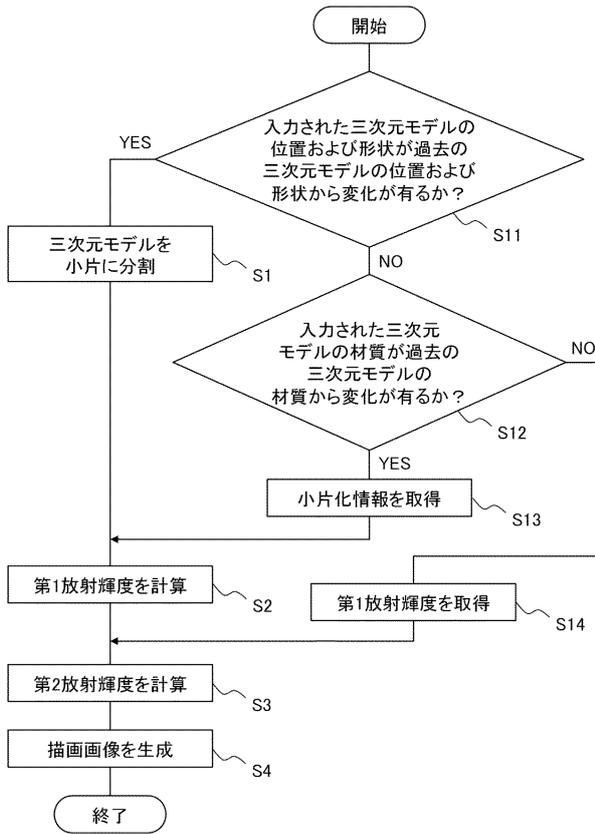
【図10】



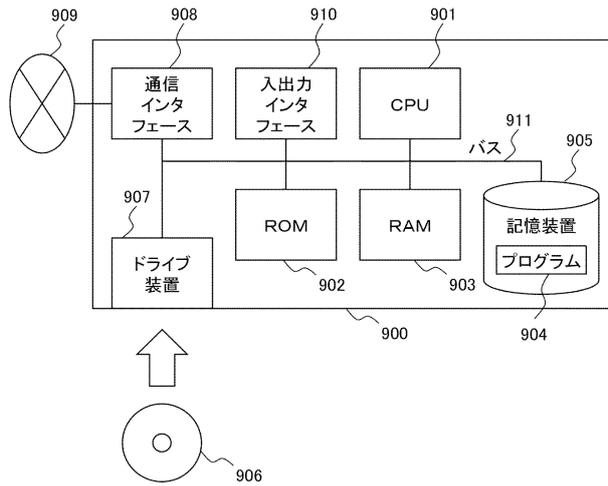
【図11】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2015-228186(JP,A)
特開2012-89121(JP,A)
特開2010-287235(JP,A)
特開2010-44738(JP,A)
特開2009-163610(JP,A)
特開2007-26036(JP,A)
特開2005-332315(JP,A)
特開平10-79045(JP,A)
特開平8-221594(JP,A)
特開平7-262405(JP,A)
米国特許出願公開第2014/0313198(US,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G06T 15/50