

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6229386号
(P6229386)

(45) 発行日 平成29年11月15日 (2017.11.15)

(24) 登録日 平成29年10月27日 (2017.10.27)

(51) Int.Cl.
G06T 11/40 (2006.01)

F I
G O 6 T 11/40

請求項の数 6 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2013-189496 (P2013-189496)	(73) 特許権者	000005223
(22) 出願日	平成25年9月12日 (2013. 9. 12)		富士通株式会社
(65) 公開番号	特開2015-56048 (P2015-56048A)		神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(43) 公開日	平成27年3月23日 (2015. 3. 23)	(74) 代理人	100087480
審査請求日	平成28年6月6日 (2016. 6. 6)		弁理士 片山 修平
		(72) 発明者	高橋 文之
			神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
		(72) 発明者	布施 貴史
			神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
		(72) 発明者	長門 毅
			神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 シミュレーション方法、シミュレーションプログラム及びシミュレーション装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

対象物と、前記対象物を照明する照明部と、前記照明部により照明された前記対象物を撮像する撮像部と、を有する現実装置を仮想空間内に再現した仮想装置を生成する工程と、

前記仮想装置を利用して、前記照明部により照明された前記対象物を撮像する前記撮像部の各ピクセルのピクセル値を決定する工程と、をコンピュータが実行し、

前記決定する工程は、前記仮想装置において、前記撮像部の縦方向に関する解像度を n 倍 (n は整数) 及び横方向に関する解像度を m 倍 (m は n と異なる整数) してレンダリングを行い、前記レンダリングにより得られた画像の縦方向に関する解像度を $1/n$ 倍、横方向に関する解像度を $1/m$ 倍した画像を用いることで、前記撮像部の1つのピクセル内の複数点のピクセル値に基づいて前記1つのピクセルのピクセル値を決定する、処理を含む、

ことを特徴とするシミュレーション方法。

【請求項 2】

前記複数点のピクセル値に基づいて前記1つのピクセルのピクセル値を決定する処理では、前記1つのピクセル内の複数点におけるピクセル値を平均化することを特徴とする請求項 1 に記載のシミュレーション方法。

【請求項 3】

対象物と、前記対象物を照明する照明部と、前記照明部により照明された前記対象物を

撮像する撮像部と、を有する現実装置を仮想空間内に再現した仮想装置を生成する工程と、

前記仮想装置を利用して、前記照明部により照明された前記対象物を撮像する前記撮像部の各ピクセルのピクセル値を決定する工程と、をコンピュータが実行し、

前記決定する工程は、

前記仮想装置において、前記撮像部を1ピクセルの寸法範囲内で移動させつつ、前記撮像部の各ピクセルの所定点におけるピクセル値を複数回算出し、

複数回算出した前記撮像部の各ピクセルの所定点におけるピクセル値に基づいて、前記撮像部の各ピクセルのピクセル値を決定する、処理を含む、
ことを特徴とするシミュレーション方法。

10

【請求項4】

前記対象物のうち、前記照明部に照明される部分の形状変化に関する情報を取得する工程と、

前記形状変化に関する情報に基づいて、特定の形状変化を示す前記対象物の一部を特定する工程と、を前記コンピュータが更に実行し、

前記ピクセル値を決定する処理は、前記特定する工程で特定された前記対象物の一部を撮像するピクセルのピクセル値を決定する際に実行することを特徴とする請求項1～3のいずれか一項に記載のシミュレーション方法。

【請求項5】

対象物と、前記対象物を照明する照明部と、前記照明部により照明された前記対象物を撮像する撮像部と、を有する現実装置を仮想空間内に再現した仮想装置を生成し、

前記仮想装置を利用して、前記照明部により照明された前記対象物を撮像する前記撮像部の各ピクセルのピクセル値を決定する、処理をコンピュータに実行させ、

前記決定する処理は、前記仮想装置において、前記撮像部の縦方向に関する解像度をn倍（nは整数）及び横方向に関する解像度をm倍（mはnと異なる整数）してレンダリングを行い、前記レンダリングにより得られた画像の縦方向に関する解像度を1/n倍、横方向に関する解像度を1/m倍した画像を用いることで、前記撮像部の1つのピクセル内の複数点のピクセル値に基づいて前記1つのピクセルのピクセル値を決定する、処理を含む、

ことを特徴とするシミュレーションプログラム。

20

30

【請求項6】

対象物と、前記対象物を照明する照明部と、前記照明部により照明された前記対象物を撮像する撮像部と、を有する現実装置を仮想空間内に再現した仮想装置を生成する生成部と、

前記仮想装置を利用して、前記照明部により照明された前記対象物を撮像する前記撮像部の各ピクセルのピクセル値を決定する決定部と、を備え、

前記決定部は、前記仮想装置において、前記撮像部の縦方向に関する解像度をn倍（nは整数）及び横方向に関する解像度をm倍（mはnと異なる整数）してレンダリングを行い、前記レンダリングにより得られた画像の縦方向に関する解像度を1/n倍、横方向に関する解像度を1/m倍した画像を用いることで、前記撮像部の1つのピクセル内の複数点のピクセル値に基づいて前記1つのピクセルのピクセル値を決定する、ことを特徴とするシミュレーション装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、シミュレーション方法、シミュレーションプログラム及びシミュレーション装置に関する。

【背景技術】

【0002】

50

検査装置や組立装置などの生産設備を仮想化できると、その仮想化した装置で装置運用に関するシミュレーションなどを行うことができるため、現実の装置の運用を効率化できるなどの利点がある。

【0003】

ここで、仮想化の対象装置がカメラを有している場合には、カメラのシミュレーションも行う必要がある。また、仮想化の対象装置の光学系によっては、照明や物体の映り込みを含めてカメラシミュレーションしなければならないことがある。例えば、パターンを有する照明を被験体表面に写し込み、その写り込んだパターンの歪具合を見ることで被験体の表面状態の異常を検出する検査装置を仮想化した場合などである。

【0004】

このような映り込みをカメラシミュレーション（レンダリング）する手法として、環境マッピング法やレイトレーシング、フォトンマッピングなどが知られている。例えば、環境マッピング法の場合、映り込む物体の周囲に擬似的背景を予めテクスチャとして用意し、カメラの特定画素（ピクセル）から光線が出射した場合に被検体表面で反射して擬似的背景のどこに当たるかを判定し、カメラ画像のピクセル値を決定する。

【0005】

なお、特許文献1には、仮想カメラに関する技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2000-207549号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

通常、仮想化の対象装置が有するカメラの画素数（横方向×縦方向）が $M \times N$ であれば、 $M \times N$ のピクセル数だけ上述したレンダリングを行う。すなわち、カメラの画像の1ピクセルに対して1つの代表点（例えばピクセル中心）を定め、該代表点から光線が出射した場合に被検体表面で反射して擬似背景のどこにあたるかを判定し、そのピクセルのピクセル値を決定している。

【0008】

しかしながら、実際のカメラの場合、1ピクセルの輝度値（ピクセル値）はイメージセンサの1ピクセル内に入ってきた全光量が平均化された値である。このため、上記のように、ピクセル値算出を1ピクセルの代表点のみで行うこととすると、現実装置で得られるピクセル値とは異なるシミュレーション結果が得られるおそれがある。

【0009】

1つの側面では、本発明は、仮想装置を利用した適切なシミュレーション結果を得ることが可能なシミュレーション方法、シミュレーションプログラム及びシミュレーション装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

一つの態様では、シミュレーション方法は、対象物と、前記対象物を照明する照明部と、前記照明部により照明された前記対象物を撮像する撮像部と、を有する現実装置を仮想空間内に再現した仮想装置を生成する工程と、前記仮想装置を利用して、前記照明部により照明された前記対象物を撮像する前記撮像部の各ピクセルのピクセル値を決定する工程と、をコンピュータが実行し、前記決定する工程は、前記仮想装置において、前記撮像部の縦方向に関する解像度を n 倍（ n は整数）及び横方向に関する解像度を m 倍（ m は n と異なる整数）してレンダリングを行い、前記レンダリングにより得られた画像の縦方向に関する解像度を $1/n$ 倍、横方向に関する解像度を $1/m$ 倍した画像を用いることで、前記撮像部の1つのピクセル内の複数点のピクセル値に基づいて前記1つのピクセルのピクセル値を決定する、処理を含む、シミュレーション方法である。

10

20

30

40

50

【0011】

一つの態様では、シミュレーションプログラムは、対象物と、前記対象物を照明する照明部と、前記照明部により照明された前記対象物を撮像する撮像部と、を有する現実装置を仮想空間内に再現した仮想装置を生成し、前記仮想装置を利用して、前記照明部により照明された前記対象物を撮像する前記撮像部の各ピクセルのピクセル値を決定する、処理をコンピュータに実行させ、前記決定する処理は、前記仮想装置において、前記撮像部の縦方向に関する解像度を n 倍（ n は整数）及び横方向に関する解像度を m 倍（ m は n と異なる整数）してレンダリングを行い、前記レンダリングにより得られた画像の縦方向に関する解像度を $1/n$ 倍、横方向に関する解像度を $1/m$ 倍した画像を用いることで、前記撮像部の1つのピクセル内の複数点のピクセル値に基づいて前記1つのピクセルのピクセル値を決定する、処理を含む、シミュレーションプログラムである。

10

【0012】

一つの態様では、シミュレーション装置は、対象物と、前記対象物を照明する照明部と、前記照明部により照明された前記対象物を撮像する撮像部と、を有する現実装置を仮想空間内に再現した仮想装置を生成する生成部と、前記仮想装置を利用して、前記照明部により照明された前記対象物を撮像する前記撮像部の各ピクセルのピクセル値を決定する決定部と、を備え、前記決定部は、前記仮想装置において、前記撮像部の縦方向に関する解像度を n 倍（ n は整数）及び横方向に関する解像度を m 倍（ m は n と異なる整数）してレンダリングを行い、前記レンダリングにより得られた画像の縦方向に関する解像度を $1/n$ 倍、横方向に関する解像度を $1/m$ 倍した画像を用いることで、前記撮像部の1つのピクセル内の複数点のピクセル値に基づいて前記1つのピクセルのピクセル値を決定する、シミュレーション装置である。

20

【発明の効果】

【0013】

適切なシミュレーション結果を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】第1の実施形態に係るシミュレーションシステムの構成を概略的に示す図である。

30

【図2】仮想装置を模式的に示す斜視図である。

【図3】図3（a）は、現実装置を図2の矢印A方向から見た状態を模式的に示す図であり、図3（b）は、携帯端末表面に微細構造が存在する場合を模式的に示す図である。

【図4】第1の実施形態における計算部の処理を示すフローチャートである。

【図5】仮想装置の撮像部において得られる画像を示す図である。

【図6】図6（a）、図6（b）は、図4の処理を説明するための図（その1）である。

【図7】図7（a）、図7（b）は、図4の処理を説明するための図（その2）である。

【図8】第2の実施形態の概要を説明するための図である。

【図9】第2の実施形態における計算部の処理を示すフローチャートである。

40

【図10】図10（a）、図10（b）は、図9の処理を説明するための図（その1）である。

【図11】図11（a）、図11（b）は、図9の処理を説明するための図（その2）である。

【図12】図12（a）、図12（b）は、図9の処理を説明するための図（その3）である。

【図13】第3の実施形態における計算部の処理を示すフローチャート（その1）である。

【図14】第3の実施形態における計算部の処理を示すフローチャート（その2）である。

50

【図 15】図 15 (a) は、法線マップを示す図であり、図 15 (b) は、形状変化度マップ X (2 値化後) を示す図であり、図 15 (c) は、形状変化度マップ Y (2 値化後) を示す図である。

【図 16】図 16 (a) は、矩形領域 L_x を示す図であり、図 16 (b) は、矩形領域 L_y を示す図であり、図 16 (c) は、矩形領域 L_{xy} を示す図である。

【図 17】図 14 のステップ S 44 ~ S 56 を説明するための図である。

【図 18】第 4 の実施形態における計算部の処理を示すフローチャートである。

【図 19】図 19 (a) は、図 18 のステップ S 66 の処理を説明するための図であり、図 19 (b) は、図 18 のステップ S 70 の処理を説明するための図であり、図 19 (c) は、図 18 のステップ S 74 の処理を説明するための図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0015】

《第 1 の実施形態》

以下、シミュレーションシステムの第 1 の実施形態について、図 1 ~ 図 7 に基づいて詳細に説明する。図 1 は、シミュレーションシステム 100 の一例を示した図である。

【0016】

図 1 に示すように、シミュレーションシステム 100 は、現実装置 10 と、情報処理装置 20 と、を備える。

【0017】

現実装置 10 は、対象物と、対象物に作用して外部から検出可能な変化を与える作用要素を発生させる発生源と、設定した検出範囲内で作用要素による変化を検出可能な検出部とを含む。本第 1 の実施形態では、現実装置 10 は、携帯端末の検査装置であるものとし、発生源は、携帯端末を照明する照明部であり、検出部は、照明部により照明された携帯端末を撮像する撮像部 (イメージセンサ) であるものとする。

20

【0018】

情報処理装置 20 は、記憶部 21 と、計算部 22 と、を有する。記憶部 21 は、RAM (Random Access Memory) などの揮発性記憶装置、及び、HDD (Hard Disk Drive) 又はフラッシュメモリなどの不揮発性記憶装置を有していてもよい。計算部 22 は、CPU (Central Processing Unit) 又は DSP (Digital Signal Processor) などのプロセッサであってもよい。計算部 22 は、ASIC (Application Specific Integrated Circuit) 又は FPGA (Field Programmable Gate Array) などのプロセッサ以外の電子回路であってもよい。計算部 22 は、例えば、記憶部 21 又は他のメモリに記憶されたプログラムを実行する。

30

【0019】

記憶部 21 は、現実装置 10 の 3 次元情報を記憶する。例えば、記憶部 21 は、対象物 (携帯端末)、対象物を設置する設置機構、検出部 (撮像部)、及び発生源 (照明部) の位置・姿勢・形状などを示す 3 次元 CAD (computer aided design) データを 3 次元情報として記憶する。計算部 22 は、3 次元情報に基づいて現実装置 10 を仮想空間内に再現した仮想装置 23 を生成する。

【0020】

より具体的には、計算部 22 は、現実装置 10 に含まれる携帯端末を仮想空間内に再現した携帯端末 30 を生成する。また、計算部 22 は、現実装置 10 に含まれる撮像部を仮想空間内に再現した撮像部 24 を生成する。さらに、計算部 22 は、現実装置 10 に含まれる照明部を仮想空間内に再現した照明部 25 (図 1 では不図示、図 2 参照) を生成する。その他、計算部 22 は、仮想空間内に対象物を設置するための設置機構なども生成する。このようにして、計算部 22 は、3 次元 CAD データなどの 3 次元情報を利用することで仮想空間内に現実装置 10 を再現する。

40

【0021】

本第 1 の実施形態では、上述したように、3 次元情報を利用して現実装置 10 を再現しているため、計算部 22 は、現実装置 10 の動作と同じ動作を仮想装置 23 で再現するこ

50

とができる。

【0022】

例えば、仮想装置23においては、図2に示すような明暗の繰り返しパターンが描画されたスクリーンを有する照明部25を携帯端末30の表面に写し込み、その写り込んだパターンの歪具合を見ることで携帯端末の表面状態の異常を検出する動作を再現することができる。

【0023】

このような映り込みをカメラシミュレーション（レンダリング）する場合、一例として、環境マッピング法を用いることができる。この環境マッピング法においては、図2に示すように、撮像部24の特定画素（ピクセル）から光線が出射した場合に携帯端末30表面で反射してスクリーンのどこに当たるかを判定し、撮像画像のピクセル値を決定する手法が採られている。

10

【0024】

図3（a）は、現実装置を図2の矢印A方向から見た状態を模式的に示す図である。図3（a）の波形はスクリーン上の明暗のレベル（0階調（暗い）～255階調（明るい））を示している。現実装置10の撮像部では、画像の1ピクセルの輝度値は、撮像部（センサ面）の1つのピクセル内に入ってきた全光量が平均化された値となる（センサ面拡大図参照）。一方、仮想装置23では、ピクセルの代表点（例えば中心点）のピクセル値を計算することが一般的であるが、そのような計算を行っても、携帯端末30の表面が平坦であれば、現実装置10におけるピクセル値と仮想装置23で計算されたピクセル値との間の差異はほとんどないと考えられる。

20

【0025】

一方、図3（b）のように携帯端末表面に曲面形状（傷などの微細構造や端末自身もつ曲面）が存在する場合、スクリーン上の広い範囲からの光が1つのピクセルに入射することがある。この場合、現実装置の撮像部では、画像の1ピクセルの輝度値は、スクリーンの広い範囲の明るさを平均したものになる（図3（b）の場合、明暗が平均化された128階調付近の値となる）。これに対し、仮想装置23において、上述のようにピクセルの代表点のピクセル値を計算することとすると、撮像部24の微小な位置変化によって、ピクセル値が変化し、現実装置10におけるピクセル値と仮想装置23で計算されたピクセル値との間に差異が生じるおそれがある。

30

【0026】

そこで、本第1の実施形態では、撮像画像のピクセル値を決定する処理として、図4のフローチャートに沿った処理を実行する。以下、図4の処理について、その他図面を適宜参照しつつ説明する。

【0027】

なお、現実装置10の撮像部の解像度、すなわち仮想装置23の撮像部に必要な縦解像度をN、横解像度をMとする。この場合、仮想装置23の撮像部24では、図5に示すような画像が得られる。

【0028】

図4の処理では、まず、ステップS10において、計算部22は、図6（a）に示す縦サイズ $n \times N$ 、横サイズ $m \times M$ の画像 S' を生成し、環境マッピング法を用いてレンダリング（カメラシミュレーション）を実行する。すなわち、ステップS10においては、仮想装置23の撮像部24の画角を現実装置の撮像部に合わせたまま縦解像度を $n \times N$ 、横解像度を $m \times M$ として、環境マッピングによるレンダリングを行っているともいえる。なお、本第1の実施形態では、一例として、 $n = 3$ 、 $m = 3$ であるものとする。

40

【0029】

次いで、ステップS12では、計算部22は、図6（a）の画像 S' を縦 $1/n$ 倍、横 $1/m$ 倍に縮小して、図6（b）に示すような画像 S'' を生成する。すなわち、 $(n \times N) \times (m \times M)$ の解像度の画像 S' を $N \times M$ の解像度の画像 S'' にするためのスケーリング処理を行う。スケーリング処理においては、一例として、平均画素法や線形補間処理を

50

用いるものとする。

【0030】

なお、本第1の実施形態では、 $n=3$ 、 $m=3$ とすると、計算部22は、図7(a)に示すように、各ピクセル内の9点においてピクセル値を求め(S10)、その後図7(b)に示すように、各ピクセル内の9点のピクセル値に基づいて(平均化等して)各ピクセルのピクセル値を求めている(S12)ともいえる。

【0031】

本第1の実施形態では、上記のようにして算出された各ピクセルのピクセル値を現実装置10にフィードバックすることで、現実装置10における教示作業や、現実装置10の運用を効率化することができる。

10

【0032】

なお、これまでの説明から分かるように、計算部22により、現実装置10を仮想空間内に再現した仮想装置23を生成する生成部、及び、仮想装置を利用して、照明部により照明された対象物(携帯端末)を撮像する撮像部の各ピクセルのピクセル値を決定する決定部と、しての機能が実現されている。

【0033】

以上、詳細に説明したように、本第1の実施形態によると、仮想装置23を利用して、照明部により照明された携帯端末を撮像する撮像部の各ピクセルのピクセル値を決定する際に、レンダリングにより、該1つのピクセル内の複数点におけるピクセル値を算出し(S10、図7(a))、算出された複数点のピクセル値に基づいて1つのピクセルのピクセル値を決定する(S12、図7(b))。これにより、図3(b)のように、携帯端末表面に傷などの微細構造が存在するような場合であっても、現実装置10で得られるピクセル値と近い値をピクセル値(シミュレーション結果)として得ることができる。これにより、仮想装置23を用いた適切なシミュレーション結果を得ることが可能となる。

20

【0034】

また、本第1の実施形態では、複数点のピクセル値に基づいて1つのピクセルのピクセル値を決定する場合に、1つのピクセル内の複数点におけるピクセル値を平均化する。これにより、現実装置10における処理(画像の1ピクセルの輝度値を、撮像部の1つのピクセル内に入ってきた全光量を平均して求める)を考慮した適切なシミュレーション結果を得ることができる。

30

【0035】

また、本第1の実施形態では、複数点のピクセル値に基づいて1つのピクセルのピクセル値を決定する場合に、撮像部24の縦方向に関する解像度を n 倍(n は整数)及び横方向に関する解像度を m 倍(m は整数)してレンダリングを行い、レンダリングにより得られた画像 S' の縦方向に関する解像度を $1/n$ 倍、横方向に関する解像度を $1/m$ 倍した画像 S'' を用いて、1つのピクセルのピクセル値を決定する。これにより、簡易な計算で、適切なシミュレーション結果を得ることができる。

【0036】

《第2の実施形態》

次に、第2の実施形態について、図8～図11に基づいて詳細に説明する。本第2の実施形態では、図8に示すように、仮想装置23の撮像部24を矢印A方向及び矢印B方向に移動させつつ、環境マッピング法を用いたレンダリング(カメラシミュレーション)を行う。

40

【0037】

具体的には、図9のフローチャートに沿った処理が行われる。

【0038】

図9の処理では、まず、ステップS20において、計算部22は、仮想装置23の撮像部24の位置を正規位置から1ピクセル以下の範囲内で縦(X)、横(Y)あるいは両方向に変更する。例えば、図10(a)に示すように、各ピクセルの中心位置を代表点とすると、図10(b)に示すように、代表点が丸数字「5」番の位置に存在する正規位置か

50

ら、図11(a)に示すように、代表点が丸数字「1」番の位置に存在する位置となるように、撮像部24を移動させる。

【0039】

次いで、ステップS22では、計算部22は、縦サイズN、横サイズMの画像S(図5のような画像)を環境マッピングでレンダリングして記憶部21に保存する。すなわち、計算部22は、撮像部24の各ピクセルの所定点(代表点)におけるピクセル値を取得し、記憶部21に保存する。

【0040】

次いで、ステップS24では、計算部22は、全移動が終了したか否かを判断する。なお、「全移動が終了する」とは、本実施形態では代表点が丸数字「1」番～「9」番の全10
てに位置した場合を意味する。ここでの判断が否定された場合には、計算部22は、ステップS20に戻り、図11(b)に示すように、各ピクセルの代表点が丸数字「2」の位置に位置するように、撮像部24を移動させる。そして、ステップS22では、計算部22は、縦サイズN、横サイズMの画像Sを環境マッピングでレンダリングして記憶部21に保存する。

【0041】

以降は、図12(a)や図12(b)に示すように、各ピクセルの代表点の位置を変更しつつ、レンダリングを繰り返す。そして、ステップS24の判断が肯定された場合には、ステップS26に移行する。

【0042】

ステップS26に移行した場合、計算部22は、保存した全画像Sを同一画素で平均して新たな画像を生成する。この場合の新たな画像の生成処理においては、平均画素法や、各回の撮像部の移動量を考慮した線形補間処理を用いることができる。

【0043】

本第2の実施形態では、上記処理を行うことで、撮像部24を1ピクセルの寸法範囲内で移動させつつ、撮像部24の各ピクセルの所定点(代表点)におけるピクセル値を複数回算出し、複数回算出した撮像部24の各ピクセルの所定点におけるピクセル値に基づいて(平均化等して)、撮像部24の各ピクセルのピクセル値を決定しているといえる。

【0044】

以上、説明したように、本第2の実施形態によると、仮想装置23において、撮像部24を1ピクセルの寸法範囲内X、Y方向に移動させつつ、撮像部24の各ピクセルの所定点(代表点)におけるピクセル値を複数回算出し、複数回算出した撮像部24の各ピクセルの所定点におけるピクセル値に基づいて、前記撮像部の各ピクセルのピクセル値を決定する。これにより、本第2の実施形態では、結果的に、第1の実施形態と同様の処理が行われることから、第1の実施形態と同様、適切なシミュレーション結果を得ることができる。

【0045】

なお、上記第2の実施形態では、代表点として、1ピクセルの中心を用いる場合について説明したが、これに限らず、代表点としては、1ピクセル内の任意の点を採用することができる。また、上記第2の実施形態では、レンダリングを9回行う場合について説明したが、これに限らず、レンダリングの回数は2以上の任意の回数とすることができる。

【0046】

≪第3の実施形態≫

次に、第3の実施形態に係るシミュレーションシステムについて図13～図17に基づいて、説明する。本第3の実施形態は、第1の実施形態で説明した処理の計算量を減らすことを目的としている。

【0047】

図13、図14は、本第3の実施形態における計算部22の処理を示すフローチャートである。

【0048】

10

20

30

40

50

図13、図14の処理では、まず、ステップS30において、計算部22は、縦サイズN、横サイズMの画像S（図5参照）を環境マッピングでレンダリングする。また、これと同時に、記憶部21に記憶されている携帯端末30のCADデータに基づいて、携帯端末30表面の法線マップを作成する。法線マップは、図15（a）のような携帯端末30表面の各ピクセル中心に対応する位置の法線の向きを示すマップである。法線マップには、複数の縦方向位置（X位置）に対応する横方向（Y方向）に関する法線マップと、複数の横方向位置（Y位置）に対応する縦方向（X方向）に関する法線マップと、が含まれる。

【0049】

次いで、ステップS32では、計算部22が、法線マップから形状変化度マップXと形状変化度マップYを作成する。形状変化度マップX、Yは携帯端末30の形状変化の度合いを、2次元的に示したマップである。形状変化度マップXは、X方向の形状変化が大きい（X方向に隣接するピクセル中心それぞれに対応する携帯端末30表面の法線の傾き変化 Δn が大きい）領域を示すマップである。また、形状変化度マップYは、Y方向の形状変化が大きい（Y方向に隣接するピクセル中心それぞれに対応する携帯端末30表面の法線の傾き変化 Δn が大きい）領域を示すマップである。

【0050】

次いで、ステップS34では、計算部22が、形状変化度マップ毎に形状変化が所定の閾値よりも大きい画素と小さい画素に分けて2値化する。図15（b）には、2値化後の形状変化度マップXの一例が示され、図15（c）には、2値化後の形状変化度マップYの一例が示されている。なお、図15（a）に示すように、法線の傾き変化 Δn が大きい領域には、傷などの微細構造が存在していると考えられる。

【0051】

次いで、ステップS36では、計算部22が、2値化した形状変化度マップ毎にそれぞれ連結領域をラベリング処理する。次いで、ステップS38では、計算部22が、ラベリングした形状変化度マップXの各ラベリング領域に外接する矩形領域 L_x を求める。この場合、図16（a）に示す2つの領域が矩形領域 L_x となる。

【0052】

ステップS40では、計算部22が、ラベリングした形状変化度マップYの各ラベリング領域に外接する矩形領域 L_y を求める。この場合、図16（b）に示す2つの領域が矩形領域 L_y となる。

【0053】

次いで、ステップS42では、計算部22が、矩形領域 L_x と矩形領域 L_y が重複している矩形領域 L_{xy} を求める。この場合、図16（c）に示す1つの領域が矩形領域 L_{xy} となる。なお、本ステップS42で矩形領域 L_{xy} となった領域は、矩形領域 L_x 、 L_y （図16（a）、図16（b））からは除外されるものとする。

【0054】

次いで、図14のステップS44に移行すると、計算部22は、図17に符号（A）で示すように、全ての矩形領域 L_x に対して縦方向の解像度のみを n 倍して環境マッピングによるレンダリングを行い、画像 S_x を取得する。

【0055】

次いで、ステップS46では、計算部22が、図17に符号（B）で示すように、全ての矩形領域 L_y に対して横方向の解像度のみを m 倍して環境マッピングによるレンダリングを行い、画像 S_y を取得する。

【0056】

次いで、ステップS48では、計算部22が、図17に符号（C）で示すように、全ての矩形領域 L_{xy} に対して縦方向の解像度を n 倍、横方向の解像度を m 倍して環境マッピングによるレンダリングを行い、画像 S_{xy} を取得する。

【0057】

次いで、ステップS50では、計算部22が、図17に符号（D）で示すように、全て

10

20

30

40

50

の画像 S_x を縦方向のみ $1/n$ 倍して画像 S_x' を作成する（スケーリング処理）。

【0058】

次いで、ステップ S52 では、計算部 22 が、図 17 に符号 (E) で示すように、全ての画像 S_y を横方向のみ $1/m$ 倍して画像 S_y' を作成する（スケーリング処理）。

【0059】

更に、ステップ S54 では、計算部 22 が、図 17 に符号 (F) で示すように、全ての画像 S_{xy} を縦方向を $1/n$ 倍、横方向を $1/m$ 倍して画像 S_{xy}' を作成する（スケーリング処理）。

【0060】

そして、ステップ S56 では、計算部 22 が、図 17 に符号 (G) で示すように、ステップ S30 でレンダリングされた画像 S に対して、画像 S_x' 、画像 S_y' 、画像 S_{xy}' を上書き合成して新たな画像 S' を生成する。

10

【0061】

以上のように、本第 3 の実施形態では、携帯端末 30 の表面に傷などの微細構造がある箇所を含む部分を撮像するピクセルのピクセル値を決定する場合に、ピクセル内の複数点のピクセル値に基づいてピクセル値を決定するようになっている。

【0062】

これまでの説明から分かるように、本第 3 の実施形態では、計算部 22 により、対象物（携帯端末 30）のうち、照明部に照明される部分の形状変化に関する情報を取得する取得部、及び形状変化に関する情報に基づいて、特定の形状変化を示す対象物の一部（ Δn が大きい部分）を特定する特定部としての機能が実現されている。

20

【0063】

以上説明したように、本第 3 の実施形態によると、計算部 22 は、携帯端末 30 の CAD データに基づいて、携帯端末 30 表面において傷などの微細構造が存在する部分を特定し、特定された部分を撮像するピクセルのピクセル値を決定する際に、ピクセル内の複数点のピクセル値を平均化するようにしている。これにより、必要なピクセルにおいてのみピクセル内の複数点のピクセル値を平均化することとしているので、計算量を低減しつつ、第 1 の実施形態と同様の効果を得ることができる。

【0064】

なお、上記第 3 の実施形態では、携帯端末 30 表面の特定された部分を撮像するピクセルにおいて、第 1 の実施形態と同様の処理を行う場合について説明したが、これに限られるものではない。例えば、携帯端末 30 表面の特定された部分を撮像するピクセルにおいて、第 2 の実施形態と同様の処理を行うこととしてもよい。これにより、計算量を低減しつつ、第 2 の実施形態と同様の効果を得ることができる。

30

【0065】

なお、上記第 3 の実施形態では、形状変化度マップ X 、 Y を 2 値化する場合について説明したが、これに限らず、閾値を複数用意することで、形状変化度マップ X 、 Y を多値化することとしてもよい。この場合、レンダリングにおいては、形状変化の大きさに応じて、解像度（ピクセル内の複数点の数）を異ならせることとしてもよい。

【0066】

40

《第 4 の実施形態》

次に、第 4 の実施形態に係るシミュレーションシステムについて図 18 に基づいて、説明する。本第 4 の実施形態では、計算部 22 は、1 ピクセルごとに、該ピクセルにおいて撮像される携帯端末 30 表面の一部が微細構造部分であるかを判断する。

【0067】

なお、図 18 の処理は、撮像部 24 の全てのピクセル (x , y) を対象として繰り返し実行される処理である。

【0068】

図 18 の処理では、まず、ステップ S60 において、計算部 22 が、ピクセル (x , y) に対応する携帯端末 30 表面の法線と隣接するピクセル ($x+1$, y) に対応する携帯端

50

末30表面の法線との差 $ndx(x, y)$ を計算する。なお、ピクセル $(x+1, y)$ が存在しない場合には、ピクセル (x, y) の周囲のピクセル、例えばピクセル $(x-1, y)$ を代用することとしてもよい。

【0069】

次いで、ステップS62では、計算部22が、ピクセル (x, y) に対応する携帯端末30表面の法線とピクセル $(x+1, y)$ に対応する携帯端末30表面の法線の差 $ndy(x, y)$ を計算する。なお、ピクセル $(x+1, y)$ が存在しない場合には、ピクセル (x, y) の周囲のピクセル、例えばピクセル $(x-1, y)$ を代用することとしてもよい。

【0070】

次いで、ステップS64では、計算部22が、 $ndx(x, y) > Tx$ 、かつ $ndy(x, y) > Ty$ であるか否かを判断する。なお、 Tx は、法線の縦方向(X方向)の変化に関する閾値を意味し、 Ty は、法線の横方向(Y方向)の変化に関する閾値を意味する。ここでの判断が肯定された場合には、ステップS66に移行する。

【0071】

ステップS66に移行すると、計算部22は、ピクセル (x, y) の代表点の周囲に、図19(a)に示すように補間ピクセルを追加する。その後は、ステップS76に移行する。なお、「ピクセル (x, y) の代表点の周囲に補間ピクセルを追加する」とは、ピクセル (x, y) のX, Y方向の解像度を上げるということを意味している。

【0072】

一方、ステップS64の判断が否定された場合には、ステップS68に移行し、計算部22は、 $ndx(x, y) > Tx$ であるか否かを判断する。ここでの判断が肯定された場合には、ステップS70に移行し、計算部22は、図19(b)に示すように、ピクセル (x, y) の代表点のX方向に隣接する位置に補間ピクセルを追加する。その後は、ステップS76に移行する。なお、「ピクセル (x, y) の代表点のX方向の隣接する位置に補間ピクセルを追加する」とは、ピクセル (x, y) のX方向の解像度を上げるということを意味している。

【0073】

一方、ステップS68の判断が否定された場合には、ステップS72に移行し、計算部22は、 $ndy(x, y) > Ty$ か否かを判断する。ここでの判断が肯定された場合には、ステップS74に移行し、計算部22は、図19(c)に示すように、ピクセル (x, y) の代表点のY方向に隣接する位置に補間ピクセルを追加する。その後は、ステップS76に移行する。なお、ステップS72の判断が否定された場合には、そのままステップS76に移行する。なお、「ピクセル (x, y) の代表点のY方向の隣接する位置に補間ピクセルを追加する」とは、ピクセル (x, y) のY方向の解像度を上げるということを意味している。

【0074】

ステップS76に移行した場合、計算部22は、ピクセル (x, y) および補間ピクセルに対して環境マッピングを行い、その平均値をピクセル (x, y) の値とする。なお、補間ピクセルが追加されていないピクセルに関してはピクセル (x, y) の値そのものがピクセル値となる。

【0075】

以上、説明したように、本第4の実施形態によると、第3の実施形態と同様、必要なピクセルにおいてのみピクセル内の複数点のピクセル値を平均化することとしているので、計算量を低減しつつ、第1の実施形態と同様の効果を得ることができる。

【0076】

なお、上記第4の実施形態では、ステップS66、S70、S74それぞれにおいて、補間ピクセルを追加する位置を異ならせる場合について説明した(図19(a)~図19(c)参照)。しかしながら、これに限られるものではなく、例えば、ステップS70、S74においても、ステップS66と同様の位置に補間ピクセルを追加することとしても

10

20

30

40

50

よい。

【0077】

なお、上記第4の実施形態では、ステップS66、S70、S74においてピクセル(x、y)に補間ピクセルを追加する場合について説明したが、これに限られるものではない。例えば、ピクセル(x、y)の代表点とこれに隣接するピクセルの代表点との間に補間ピクセルを追加するようにしてもよい。

【0078】

なお、上記各実施形態では、カメラシミュレーション(レンダリング)において、環境マッピング法を用いる場合について説明したが、これに限らず、レイトレーシング、フォトンマッピングなどを用いることとしてもよい。

10

【0079】

なお、上記の処理機能は、コンピュータによって実現することができる。その場合、処理装置が有すべき機能の処理内容を記述したプログラムが提供される。そのプログラムをコンピュータで実行することにより、上記処理機能がコンピュータ上で実現される。処理内容を記述したプログラムは、コンピュータで読み取り可能な記録媒体(ただし、搬送波は除く)に記録しておくことができる。

【0080】

プログラムを流通させる場合には、例えば、そのプログラムが記録されたDVD(Digital Versatile Disc)、CD-ROM(Compact Disc Read Only Memory)などの可搬型記録媒体の形態で販売される。また、プログラムをサーバコンピュータの記憶装置に格納しておき、ネットワークを介して、サーバコンピュータから他のコンピュータにそのプログラムを転送することもできる。

20

【0081】

プログラムを実行するコンピュータは、例えば、可搬型記録媒体に記録されたプログラムもしくはサーバコンピュータから転送されたプログラムを、自己の記憶装置に格納する。そして、コンピュータは、自己の記憶装置からプログラムを読み取り、プログラムに従った処理を実行する。なお、コンピュータは、可搬型記録媒体から直接プログラムを読み取り、そのプログラムに従った処理を実行することもできる。また、コンピュータは、サーバコンピュータからプログラムが転送されるごとに、逐次、受け取ったプログラムに従った処理を実行することもできる。

30

【0082】

上述した実施形態は本発明の好適な実施の例である。但し、これに限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々変形実施可能である。

【0083】

なお、以上の第1～第4の実施形態の説明に関して、更に以下の付記を開示する。

(付記1) 対象物と、前記対象物を照明する照明部と、前記照明部により照明された前記対象物を撮像する撮像部と、を有する現実装置を仮想空間内に再現した仮想装置を生成する工程と、

前記仮想装置を利用して、前記照明部により照明された前記対象物を撮像する前記撮像部の各ピクセルのピクセル値を決定する工程と、をコンピュータが実行し、

40

前記決定する工程は、前記撮像部の1つのピクセルのピクセル値を決定する際に、レンダリングにより、該1つのピクセル内の複数点のピクセル値を算出し、前記複数点のピクセル値に基づいて前記1つのピクセルのピクセル値を決定する処理を含むことを特徴とするシミュレーション方法。

(付記2) 前記複数点のピクセル値に基づいて前記1つのピクセルのピクセル値を決定する処理では、前記1つのピクセル内の複数点におけるピクセル値を平均化することを特徴とする付記1に記載のシミュレーション方法。

(付記3) 前記複数点のピクセル値に基づいて前記1つのピクセルのピクセル値を決定する処理では、

前記仮想装置において、前記撮像部の縦方向に関する解像度をn倍(nは整数)及び横

50

方向に関する解像度を m 倍（ m は整数）してレンダリングを行い、前記レンダリングにより得られた画像の縦方向に関する解像度を $1/n$ 倍、横方向に関する解像度を $1/m$ 倍した画像を用いて、前記1つのピクセルのピクセル値を決定することを特徴とする付記1又は2に記載のシミュレーション方法。

（付記4） 前記複数点のピクセル値に基づいて前記1つのピクセルのピクセル値を決定する処理では、

前記仮想装置において、前記撮像部を1ピクセルの寸法範囲内で移動させつつ、前記撮像部の各ピクセルの所定点におけるピクセル値を複数回算出し、

複数回算出した前記撮像部の各ピクセルの所定点におけるピクセル値に基づいて、前記撮像部の各ピクセルのピクセル値を決定することを特徴とする付記1又は2に記載のシミュレーション方法。

10

（付記5） 前記対象物のうち、前記照明部に照明される部分の形状変化に関する情報を取得する工程と、

前記形状変化に関する情報に基づいて、特定の形状変化を示す前記対象物の一部を特定する工程と、を前記コンピュータが更に実行し、

前記複数点のピクセル値に基づいて前記1つのピクセルのピクセル値を決定する処理は、前記特定する工程で特定された前記対象物の一部を撮像するピクセルのピクセル値を決定する際に実行することを特徴とする付記1～4のいずれか一項に記載のシミュレーション方法。

（付記6） 対象物と、前記対象物を照明する照明部と、前記照明部により照明された前記対象物を撮像する撮像部と、を有する現実装置を仮想空間内に再現した仮想装置を生成し、

20

前記仮想装置を利用して、前記照明部により照明された前記対象物を撮像する前記撮像部の各ピクセルのピクセル値を決定する、処理をコンピュータに実行させ、

前記決定する処理は、前記撮像部の1つのピクセルのピクセル値を決定する際に、レンダリングにより、該1つのピクセル内の複数点のピクセル値を算出し、前記複数点のピクセル値に基づいて前記1つのピクセルのピクセル値を決定する処理を含むことを特徴とするシミュレーションプログラム。

（付記7） 前記複数点のピクセル値に基づいて前記1つのピクセルのピクセル値を決定する処理では、前記1つのピクセル内の複数点におけるピクセル値を平均化することを特徴とする付記6に記載のシミュレーションプログラム。

30

（付記8） 前記複数点のピクセル値に基づいて前記1つのピクセルのピクセル値を決定する処理では、

前記仮想装置において、前記撮像部の縦方向に関する解像度を n 倍（ n は整数）及び横方向に関する解像度を m 倍（ m は整数）してレンダリングを行い、前記レンダリングにより得られた画像の縦方向に関する解像度を $1/n$ 倍、横方向に関する解像度を $1/m$ 倍した画像を用いて、前記1つのピクセルのピクセル値を決定することを特徴とする付記6又は7に記載のシミュレーションプログラム。

（付記9） 前記複数点のピクセル値に基づいて前記1つのピクセルのピクセル値を決定する処理では、

40

前記仮想装置において、前記撮像部を1ピクセルの寸法範囲内で移動させつつ、前記撮像部の各ピクセルの所定点におけるピクセル値を複数回算出し、

複数回算出した前記撮像部の各ピクセルの所定点におけるピクセル値に基づいて、前記撮像部の各ピクセルのピクセル値を決定することを特徴とする付記6又は7に記載のシミュレーションプログラム。

（付記10） 前記対象物のうち、前記照明部に照明される部分の形状変化に関する情報を取得し、

前記形状変化に関する情報に基づいて、特定の形状変化を示す前記対象物の一部を特定する、処理を前記コンピュータに更に実行させ、

前記複数点のピクセル値に基づいて前記1つのピクセルのピクセル値を決定する処理は

50

、前記特定する処理で特定された前記対象物の一部を撮像するピクセルのピクセル値を決定する際に実行することを特徴とする付記 6～9 のいずれか一項に記載のシミュレーションプログラム。

(付記 11) 対象物と、前記対象物を照明する照明部と、前記照明部により照明された前記対象物を撮像する撮像部と、を有する現実装置を仮想空間内に再現した仮想装置を生成する生成部と、

前記仮想装置を利用して、前記照明部により照明された前記対象物を撮像する前記撮像部の各ピクセルのピクセル値を決定する決定部と、を備え、

前記決定部は、前記撮像部の 1 つのピクセルのピクセル値を決定する際に、レンダリングにより、該 1 つのピクセル内の複数点のピクセル値を算出し、前記複数点のピクセル値に基づいて前記 1 つのピクセルのピクセル値を決定する処理を実行することを特徴とするシミュレーション装置。

10

(付記 12) 前記決定部は、前記複数点のピクセル値に基づいて前記 1 つのピクセルのピクセル値を決定する場合に、前記 1 つのピクセル内の複数点におけるピクセル値を平均化することを特徴とする付記 11 に記載のシミュレーション装置。

(付記 13) 前記決定部は、前記複数点のピクセル値に基づいて前記 1 つのピクセルのピクセル値を決定する場合に、前記仮想装置において、前記撮像部の縦方向に関する解像度を n 倍 (n は整数) 及び横方向に関する解像度を m 倍 (m は整数) してレンダリングを行い、前記レンダリングにより得られた画像の縦方向に関する解像度を $1/n$ 倍、横方向に関する解像度を $1/m$ 倍した画像を用いて、前記 1 つのピクセルのピクセル値を決定することを特徴とする付記 11 又は 12 に記載のシミュレーション装置。

20

(付記 14) 前記決定部は、前記複数点のピクセル値に基づいて前記 1 つのピクセルのピクセル値を決定する場合に、

前記仮想装置において、前記撮像部を 1 ピクセルの寸法範囲内で移動させつつ、前記撮像部の各ピクセルの所定点におけるピクセル値を複数回算出し、

複数回算出した前記撮像部の各ピクセルの所定点におけるピクセル値に基づいて、前記撮像部の各ピクセルのピクセル値を決定することを特徴とする付記 11 又は 12 に記載のシミュレーション装置。

(付記 15) 前記対象物のうち、前記照明部に照明される部分の形状変化に関する情報を取得する取得部と、

30

前記形状変化に関する情報に基づいて、特定の形状変化を示す前記対象物の一部を特定する特定部と、を備え、

前記決定部は、前記特定部が特定した前記対象物の一部を撮像するピクセルのピクセル値を決定する場合に、前記複数点のピクセル値に基づいて前記 1 つのピクセルのピクセル値を決定する処理を実行することを特徴とする付記 11～14 のいずれか一項に記載のシミュレーション装置。

【符号の説明】

【0084】

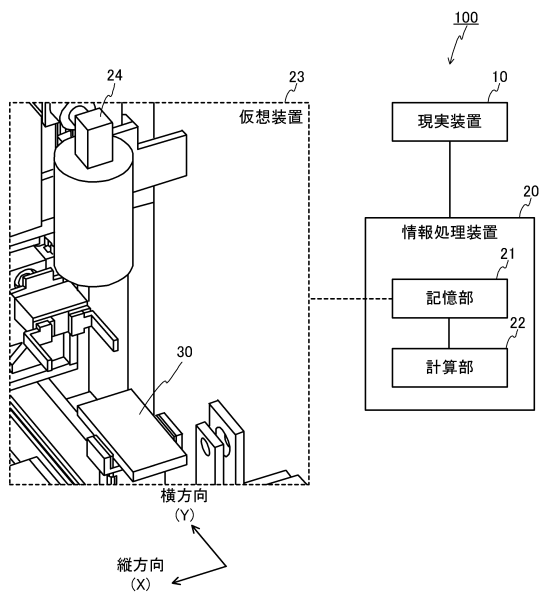
10 現実装置

22 計算部 (生成部、決定部、取得部、特定部)

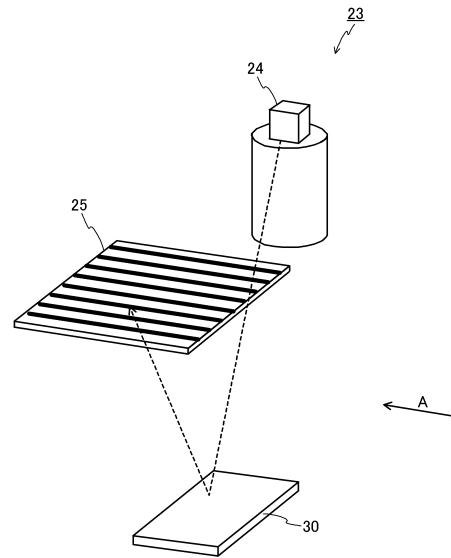
23 仮想装置

40

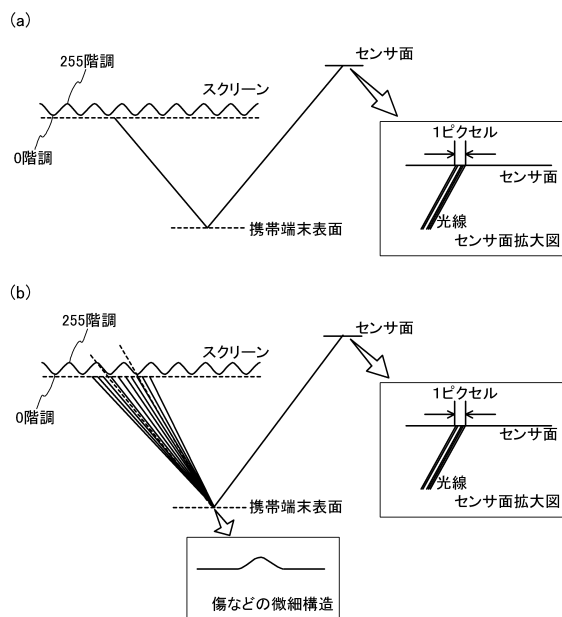
【図 1】



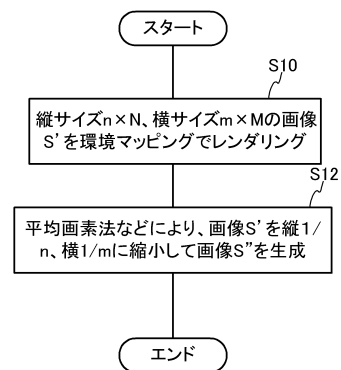
【図 2】



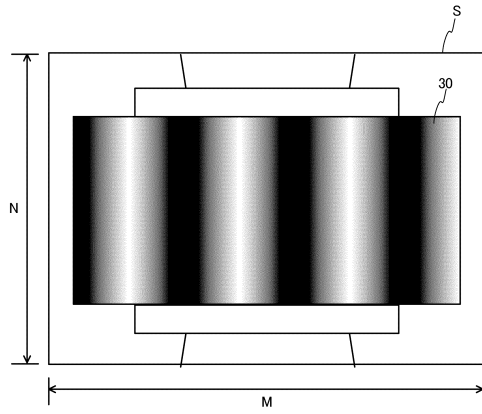
【図 3】



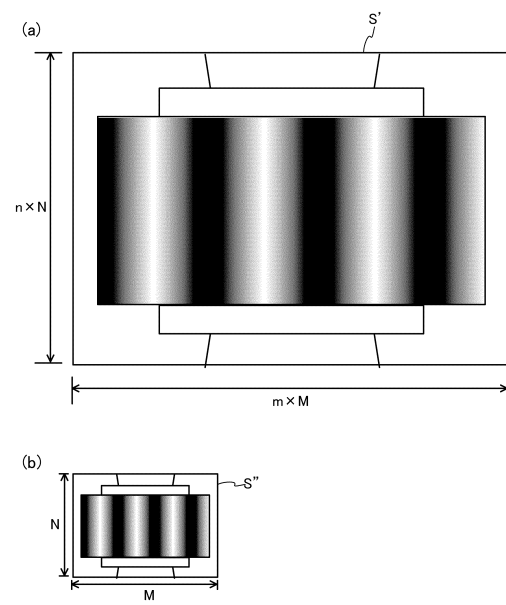
【図 4】



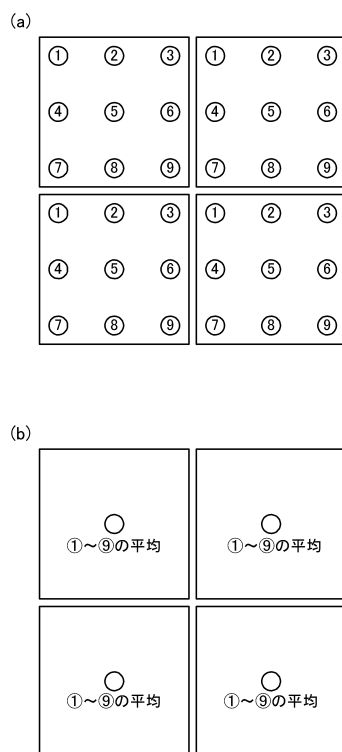
【図 5】



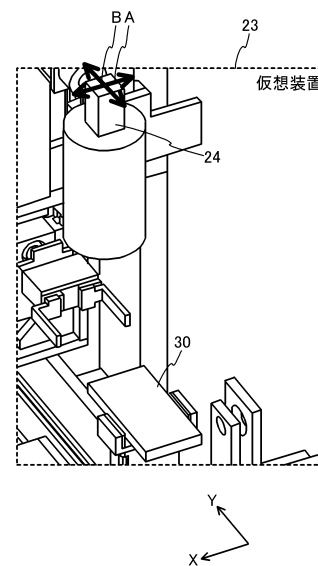
【図 6】



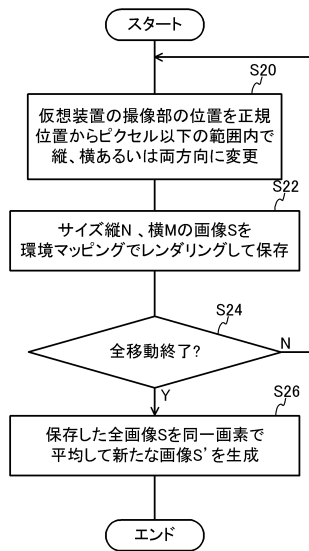
【図 7】



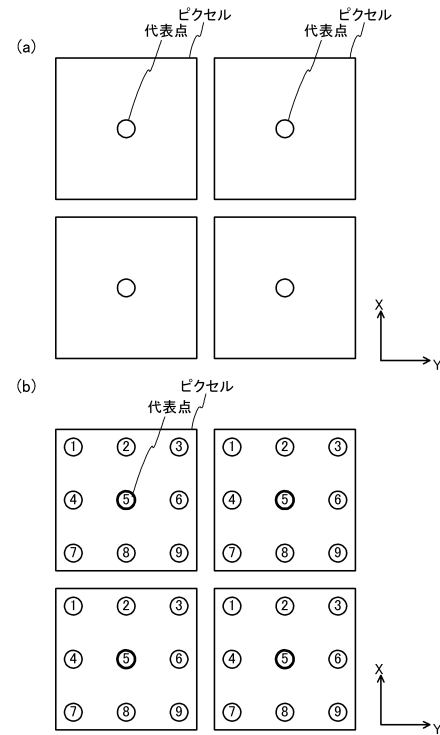
【図 8】



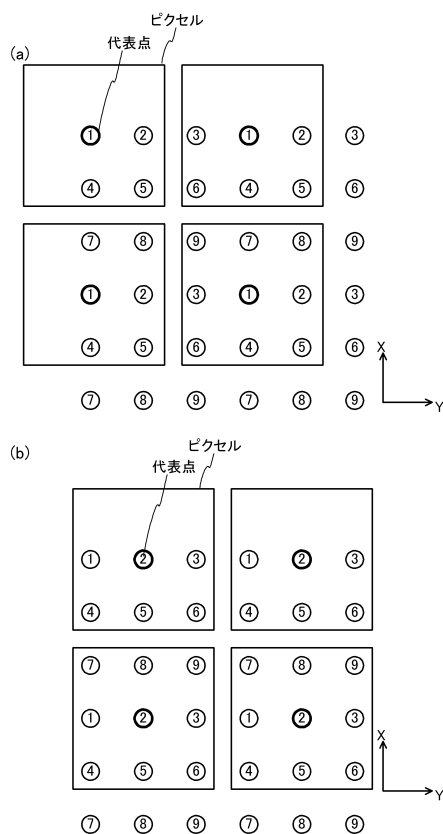
【図 9】



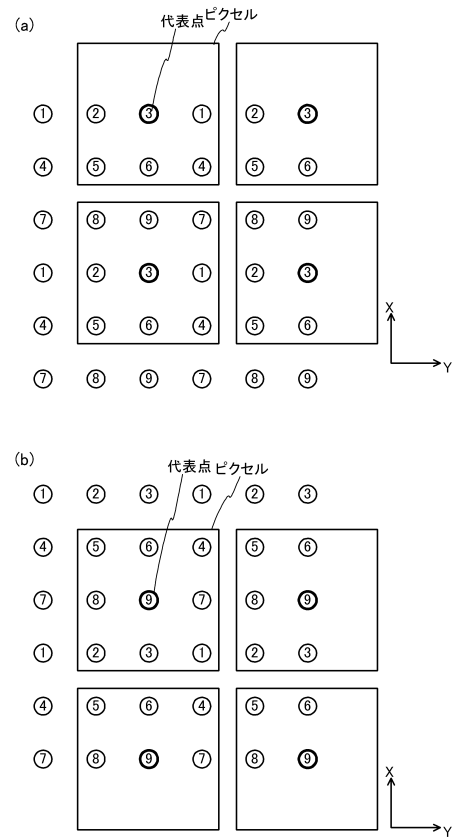
【図 10】



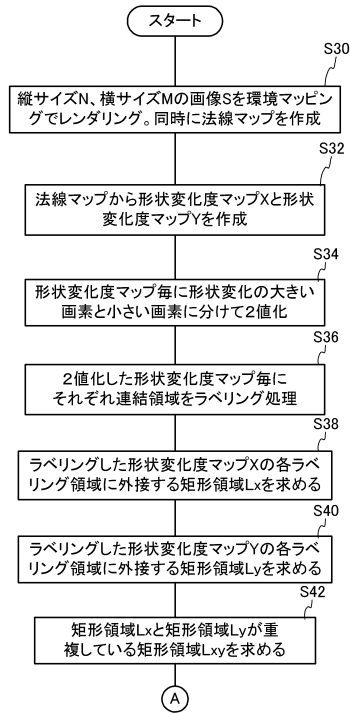
【図 11】



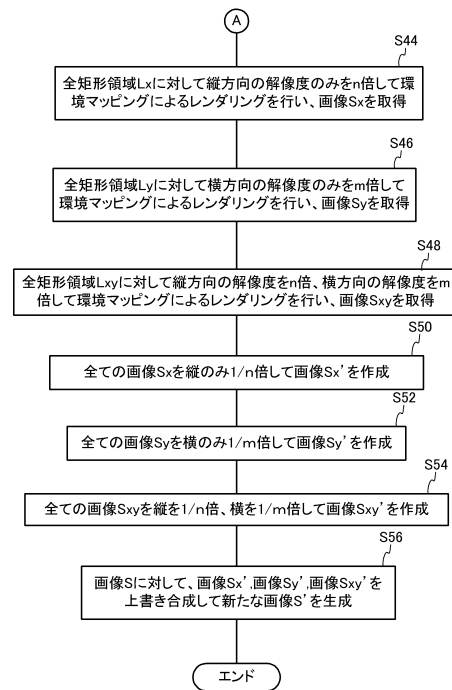
【図 12】



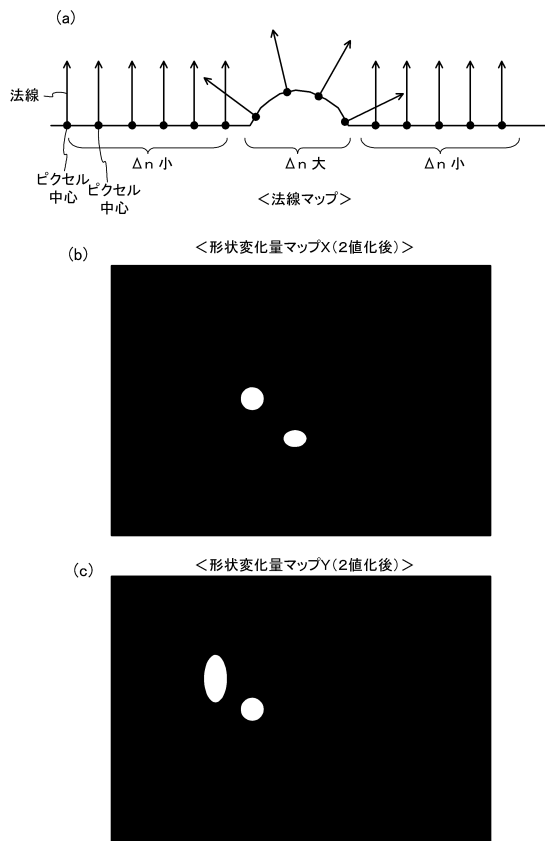
【図 1 3】



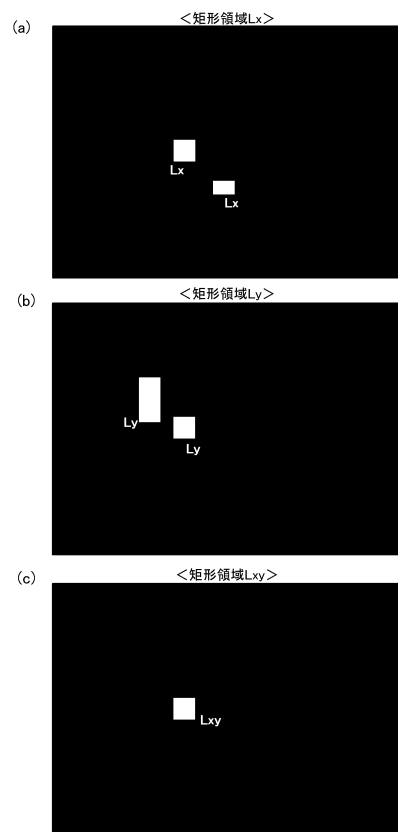
【図 1 4】



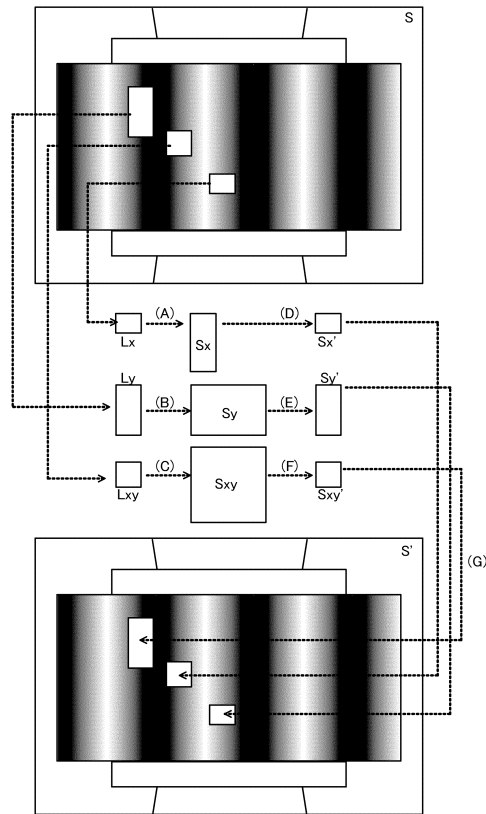
【図 1 5】



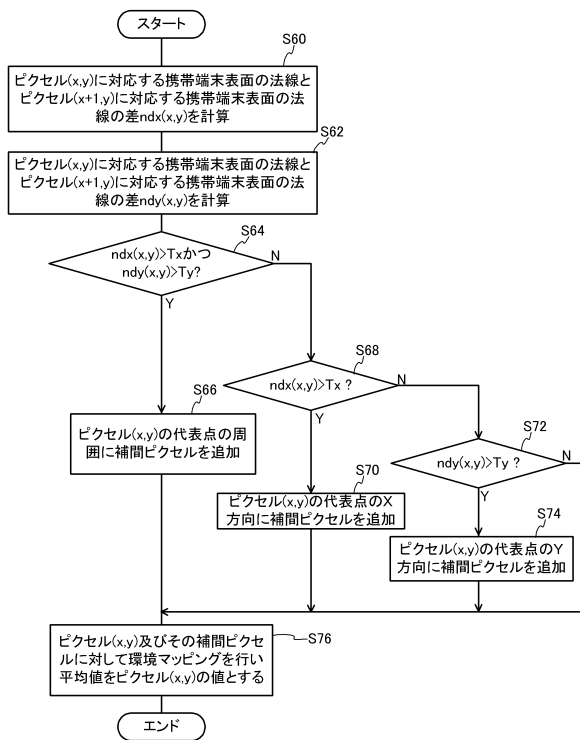
【図 1 6】



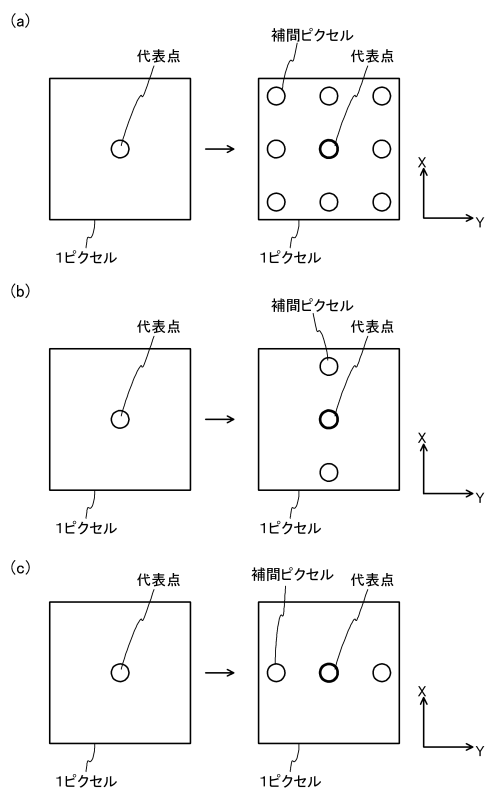
【図 17】



【図 18】



【図 19】



フロントページの続き

(72)発明者 肥塚 哲男

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

審査官 千葉 久博

(56)参考文献 特開2012-127934 (JP, A)

特開2009-222626 (JP, A)

特開2007-256240 (JP, A)

特開2005-52926 (JP, A)

特開2002-32784 (JP, A)

特表2006-506744 (JP, A)

特表2002-503855 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06T 11/40, 15/00-15/87

G01B 11/00-11/30

G06T 19/00-19/20