

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2006年6月15日 (15.06.2006)

PCT

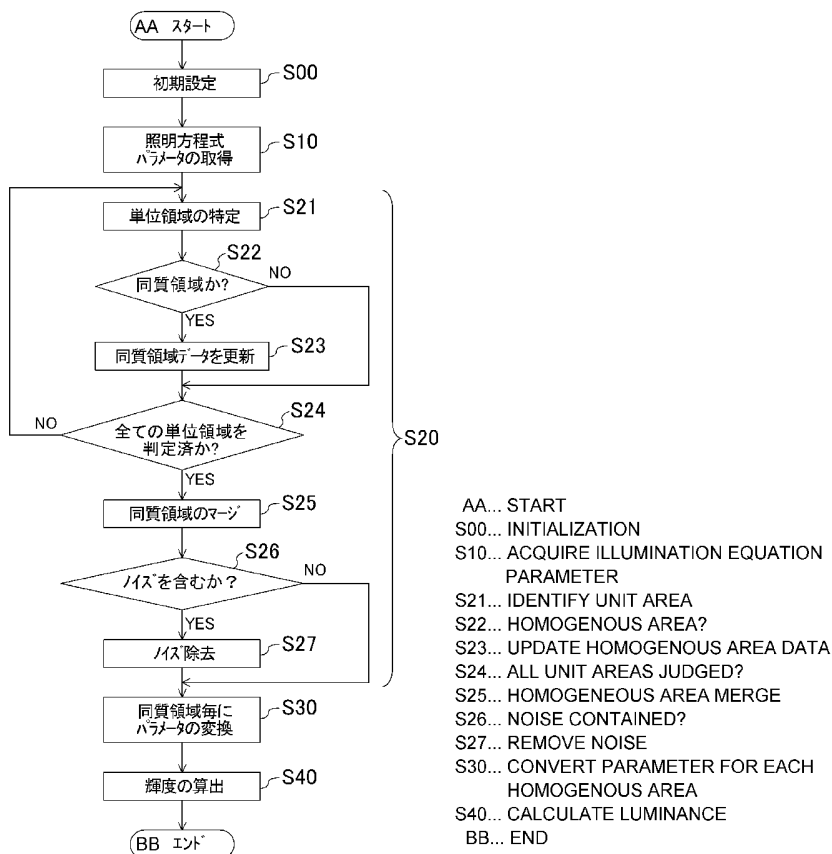
(10) 国際公開番号  
WO 2006/061999 A1

- (51) 国際特許分類:  
G06T 3/40 (2006.01) G06T 15/50 (2006.01)  
G06T 5/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2005/021687
- (22) 国際出願日: 2005年11月25日 (25.11.2005)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2004-354274 2004年12月7日 (07.12.2004) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 松下電器産業株式会社 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5718501 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 本村 秀人 (MOTOMURA, Hideto). 金森 克洋 (KANAMORI, Katsuhiro). 近藤 堅司 (KONDO, Kenji). 佐藤 智 (SATO, Satoshi).
- (74) 代理人: 前田 弘, 外 (MAEDA, Hiroshi et al.); 〒5410053 大阪府大阪市中央区本町 2 丁目 5 番 7 号 大阪丸紅ビル Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO,

[続葉有]

(54) Title: IMAGE CONVERSION METHOD, DEVICE, AND PROGRAM, TEXTURE MAPPING METHOD, DEVICE, AND PROGRAM, AND SERVER-CLIENT SYSTEM

(54) 発明の名称: 画像変換方法、装置およびプログラム、テクスチャマッピング方法、装置およびプログラム、並びに、サーバクライアントシステム



(57) Abstract: A plurality of parameters constituting a predetermined illumination equation giving a luminance to each of pixels in an image are acquired (S10). For each of the parameters, a homogeneous area formed by pixels having similar values of the parameter is identified (S20). For each parameter, according to the content of image conversion, the parameter conversion processing is performed for each of the identified homogeneous areas (S30). By using each of the parameters after the conversion, luminance of each of pixels in a second image is obtained (S40).

(57) 要約: 画像の各画素について、輝度を与える所定の照明方程式を構成する複数のパラメータをそれぞれ取得する (S10)。そして、各パラメータ毎に、当該パラメータの値が類似している画素からなる同質領域を特定し (S20)、各パラメータ毎に、画像変換の内容に応じて、特定した同質領域毎に、当該パラメータの変換

処理を行う (S30)。そ

[続葉有]

WO 2006/061999 A1



RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR,  
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML,  
MR, NE, SN, TD, TG).

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可  
能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD,  
SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY,  
KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG,  
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,  
IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),

添付公開書類:  
— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される  
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語  
のガイダンスノート」を参照。

## 明 細 書

画像変換方法、装置およびプログラム、テクスチャマッピング方法、装置およびプログラム、並びに、サーバクライアントシステム

### 技術分野

[0001] 本発明は、画像処理技術に関するものであり、特に、拡大や縮小などの画像変換、画像圧縮、および、テクスチャマッピングを実現する技術に関するものである。

### 背景技術

[0002] 画像機器とネットワークのデジタル化により、任意の画像機器が接続できるようになり、画像交換の自由度が高まっている。そして、利用者がシステムの違いに制約を受けることなく、自由に画像を扱える環境が整備されてきた。例えば、利用者は、デジタルスチルカメラで撮影した画像をプリンタに出力したり、ネットワーク上で公開したり、家庭のテレビで鑑賞したりすることが可能になっている。

[0003] 逆にシステム側は、様々な画像フォーマットに対応する必要があり、画像フォーマット変換には自ずと高度化が求められる。例えば画像サイズの変換は頻繁に発生し、アップコンバータ(画像数、ライン数を増やす変換装置)やダウンコンバータ(画素数、ライン数を減らす装置)が必要になる。例えば、600dpiの解像度でA4用紙(297mm×210mm)に印刷する場合、7128画素×5040ラインの原稿が必要になるが、多くのデジタルスチルカメラの解像度はこれを下回るため、アップコンバータが必要になる。一方、ネットワーク上に公開された画像は、最終的な出力形態が決まっていないため、出力デバイスが決まる都度、対応する画像サイズに変換する必要がある。また、家庭用テレビでは、デジタル地上波のサービスが開始されており、従来の標準テレビ画像とHD(High Definition)テレビ画像とが混在し、画像サイズの変換が頻繁に用いられる。

[0004] 画像サイズが多岐に渡れば、画像圧縮におけるスケーラビリティの重要性が高まる。スケーラビリティとは、1つのビット・ストリームから、あるときは標準テレビの画像データを、あるときはHDテレビの画像データを取り出すことであり、様々な画像サイズを取り出せる自由度を指す。スケーラビリティが確保されると、画像フォーマットごとに伝送

経路を準備する必要がなく、伝送容量も少なく済む。

- [0005] 画像拡大や画像縮小などの画像変換は、コンピュータグラフィックスにおけるテクスチャマッピングでも多用される(被写体表面に現れる模様やパターンを総称して、「テクスチャ」と呼ぶ)。テクスチャマッピングはコンピュータ内に形成した3次元物体表面に2次元画像を貼り付けて物体表面の模様や質感を表現する手法である。2次元画像を3次元物体の表面の向きに合わせて貼り付けるため、2次元画像に拡大、縮小、変形、回転などの処理を施す必要がある(非特許文献1を参照)。
- [0006] 従来、画像拡大、画像縮小、画像圧縮などの処理は、複数の画素間での輝度値の違いを利用している。
- [0007] すなわち、画像拡大では、サンプリング時に存在しなかった画像データを新たに生成するために、バイリニア法やバイキュービック法などによって、輝度値を内挿する(非特許文献1を参照)。内挿ではサンプリングデータの間隔的な値しか生成できないため、エッジなどの先鋭度が劣化する傾向がある。そこで、初期拡大画像として内挿画像を用い、その後、エッジ部を抽出してエッジのみを強調する技術が開示されている(非特許文献2、非特許文献3を参照)。特に、非特許文献3では、多重解像度表現とリプシッツ指数の導入によって、エッジの先鋭さに応じてエッジ強調を選択的に行う工夫が成されている。
- [0008] 画像縮小では、画素の一部を削除するが、画像縮小前には離れた位置にあった画素が隣り合うと連続性が乱れ、モアレを生じてしまう。そこで、画素の一部を削除する前に低域通過フィルタを掛けて、輝度変化を滑らかにし、その後、画素の一部を削除する方法が一般的である。
- [0009] さらに画像圧縮では、隣接画素間での輝度値の相関が高い性質を利用する。輝度値の相関を表現するために、空間周波数成分を直交成分に分解する。直交変換には離散コサイン変換が一般に利用され、隣接画素間での輝度値の相関の高さから低周波項にエネルギーが集中するので、高周波項を削除して画像情報を圧縮する(非特許文献4を参照)。

特許文献1:特開2005-149390号公報

非特許文献1:荒屋真二著、「明解 3次元コンピュータグラフィックス」、共立出版, pp

. 144-145、2003年9月25日、

非特許文献2: H.Greenspan, C.H.Anderson, 「Image enhanced by non-linear extrapolation in frequency space」, SPIE Vol.2182 Image and Video Processing II, 1994年

非特許文献3: 中静真ら、「多重スケール輝度こう配平面における画像高解像度化」、電子情報通信学会論文誌 D-II Vol. J81-D-II No. 10 pp. 2249-2258  
1998年10月

非特許文献4: マルチメディア通信研究会編、「ポイント図解式 ブロードバンド+モバイル標準MPEG教科書」, アスキー, pp. 25-29、2003年2月11日

非特許文献5: 画像処理ハンドブック編集委員会編、「画像処理ハンドブック」, 昭晃堂, pp. 393、1987年6月8日

非特許文献6: 梅山伸二、「物体の見えからの拡散/鏡面反射成分の分離 - 偏光フィルタを介した多重観測と確率的独立性を用いて -」, 画像の認識・理解シンポジウム2002, pp. I-469 - pp. I-476、2002年

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0010] ところが、従来の技術では次のような問題があった。

[0011] 上述したように、画素間の輝度の違いを用いて、画像拡大、画像縮小、画像圧縮等の画像変換を行った場合、エッジ成分とノイズとの分離が難しく、画像変換によって画質が劣化してしまう可能性が高い、という問題がある。

[0012] すなわち、画像拡大では、内挿によってぼけた初期拡大画像のエッジ部を強調するため、エッジ部とともにノイズも強調されてしまい、画像劣化を招くおそれがある。また、画像圧縮では、ノイズが隣接画素間の相関を低め、圧縮効率を低下させる原因となる。さらに、画像拡大における内挿画像のエッジ強調や、画像縮小における平滑化は、経験的手法であり、明確なノイズ対策が施されていないため、画像変換後の画質を保証できない、と言った問題も有する。

[0013] 前記の問題に鑑み、本発明は、画像変換、画像圧縮およびテクスチャマッピングにおいて、従来よりもノイズの影響を受けにくくし、画質をより安定させることを課題とする。

## 課題を解決するための手段

- [0014] 本発明は、画像変換方法として、第1の画像の各画素について、輝度を与える所定の照明方程式を構成する複数のパラメータをそれぞれ取得し、各パラメータ毎に、当該パラメータの値が類似している画素からなる同質領域を特定し、各パラメータ毎に、画像変換の内容に応じて、特定した同質領域毎に、当該パラメータの変換処理を行い、変換処理後の各パラメータを用いて、第2の画像の各画素の輝度を求めるものである。
- [0015] この発明によると、画像変換の対象となる第1の画像について、輝度を与える照明方程式を構成する複数のパラメータを、それぞれ取得する。ここでいうパラメータとは、例えば、被写体の光学特性、環境条件、被写体の表面法線などである。そして、各パラメータ毎に同質領域を特定し、画像変換の内容に応じて、特定した同質領域毎に、当該パラメータの変換処理を行う。画像変換後の第2の画像の各画素の輝度は、変換処理後の各パラメータを用いて、求められる。
- [0016] すなわち、輝度を照明方程式パラメータに分解して、各パラメータ毎に画素間の相関を利用して、画像変換を行う。照明方程式パラメータは、例えば表面法線や光学特性のように独立性が高い。このため、パラメータ毎に処理を行う場合、パラメータの積分値として与えられる輝度を用いて処理を行う場合に比べて、ノイズの特異性を捉えやすい。さらに光学特性は、独立性の高い要因である拡散反射成分や鏡面反射成分に分解できるため、ノイズの特異性を際立たせることができる。また、同質領域は、被写体の物理的特性である照明方程式パラメータの類似性に基づいて特定されるため、いわば、物理的裏付けをもって定められたものとなる。そして、画像変換は、各パラメータに対して、同質領域毎に実行されるため、エッジ部は同質領域間の境界条件として保存される。したがって、エッジの先鋭さやテクスチャ感を保存したまま、画質の安定した画像変換を実現することができる。しかも、従来技術のようにエッジを直接検出する必要がなく、ノイズ混入の問題は生じない。
- [0017] そして、前記本発明の画像変換方法において、画像拡大を行う場合は、各パラメータの変換処理として、当該パラメータを高密度化する処理を行えばよい。上述したように、本発明では、同質領域はいわば物理的裏付けをもって定められたものとなる。この

ため、従来のような内挿補間した初期拡大画像をエッジ強調する経験的な技術に比べて、同質領域毎にパラメータを高密化する本発明は、客観的なものであり、拡大画像の画質をより安定化させることができる。

[0018] また、前記本発明の画像変換方法において、画像縮小を行う場合は、各パラメータの変換処理として、当該パラメータを低密化する処理を行えばよい。画像拡大の場合と同様に、従来のような低域通過フィルタを用いる経験的な手法に比べて、同質領域毎にパラメータを低密化させる本発明は、客観的なものであり、縮小画像の画質をより安定化させることができる。

[0019] また、本発明は、画像圧縮方法として、画像の各画素について、輝度を与える所定の照明方程式を構成する複数のパラメータをそれぞれ取得し、各パラメータ毎に、当該パラメータの値が類似している画素からなる同質領域を特定し、各パラメータ毎に、特定した同質領域毎に、当該パラメータの圧縮符号化を行うものである。

[0020] この発明によると、画像圧縮の対象となる画像について、輝度を与える照明方程式を構成する複数のパラメータを、それぞれ取得する。そして、各パラメータ毎に同質領域を特定し、特定した同質領域毎に、当該パラメータの圧縮符号化を行う。同質領域内では、照明方程式パラメータに関して近傍画素間での相関が高いので、輝度値をベースとした画像圧縮よりも、圧縮効率を向上させることができる。また、エッジ部は同質領域間の境界条件として保存される。したがって、エッジの先鋭さやテクスチャ感を保存したまま、圧縮効率の高い画像圧縮を実現することができる。

[0021] また、本発明は、テクスチャマッピング方法として、テクスチャ画像を3次元CGモデルのオブジェクトに貼り付ける前処理を行い、オブジェクトに貼り付けられたテクスチャ画像の各画素について、輝度を与える所定の照明方程式を構成する複数のパラメータをそれぞれ取得し、各パラメータ毎に、当該パラメータの値が類似している画素からなる同質領域を特定し、各パラメータ毎に、所定の画像変換の内容に応じて、特定した同質領域毎に、当該パラメータの変換処理を行い、変換処理後の各パラメータを用いて、オブジェクトの画像の各画素の輝度を求めるものである。

[0022] この発明によると、上述した画像変換方法と同様に、エッジの先鋭さやテクスチャ感を保存したまま、画質の安定したテクスチャマッピングを実現することができる。

## 発明の効果

- [0023] 本発明によると、輝度値を構成する照明方程式パラメータ毎に、同質領域毎に、変換処理を行うので、エッジの先鋭さやテクスチャ感を保存したまま、画質の安定した画像変換やテクスチャマッピングを実現することができる。また、エッジの先鋭さやテクスチャ感を保存したまま、圧縮効率の高い画像圧縮を実現することができる。

## 図面の簡単な説明

- [0024] [図1]図1は、本発明の第1の実施形態に係る画像変換方法を示すフローチャートである。
- [図2]図2は、輝度と照明方程式パラメータとの関係を示す模式図である。
- [図3]図3は、照明方程式の前提となる幾何条件を示す概念図である。
- [図4]図4は、表面法線ベクトルの計測手法の例を説明するための図である。
- [図5]図5は、拡散反射と鏡面反射とを分離する手法の例を説明するための図である。
- [図6]図6は、学習データを参照して照明方程式パラメータを取得する方法を説明するための図である。
- [図7]図7は、同質領域の判定を行うパターンを示す図である。
- [図8]図8は、単位領域の走査方法の一例を示す図である。
- [図9]図9は、ノイズ除去の一例を示す図である。
- [図10]図10は、画像拡大のためにパラメータを高密化する処理を示す図である。
- [図11]図11は、画像縮小のためにパラメータを低密化する処理を示す図である。
- [図12]図12は、本発明の第2の実施形態における、画像圧縮のためのパラメータ変換処理を示す概念図である。
- [図13]図13は、本発明の第3の実施形態を説明するための図であり、レンダリング処理の流れを示す図である。
- [図14]図14は、本発明を実現する第1の構成例であり、パーソナルコンピュータを用いた構成を示す図である。
- [図15]図15は、本発明を実現する第2の構成例であり、サーバクライアントシステムを用いた構成を示す図である。



[図16]図16は、本発明を実現する第3の構成例であり、カメラでの撮影において本発明に係る画像変換を行う構成の一例である。

[図17]図17は、光源の位置と広角レンズでの撮影画像との関係を示す図である。

[図18]図18は、本発明を実現する第3の構成例であり、折り畳み式携帯電話を用いた構成を示す図である。

### 符号の説明

[0025] S10 第1のステップ

S20 第2のステップ

S30 第3のステップ

S40 第4のステップ

AA1～AA3, AB1～AB3, AC1～AC3, AD1～AD3, AE1, AE2, AF1, AF2  
、AG1, AG2 同質領域

TIA, TIB テクスチャ画像

OA, OB オブジェクト

205 パラメータ操作部

207 画像生成部

301 サーバー

302 クライアント

501 画像特徴解析部

502 画像特徴ベクトルデータベース

503 照明方程式パラメータデータベース

### 発明を実施するための最良の形態

[0026] 本発明の第1態様では、第1の画像に対して所定の画像変換を行い、第2の画像を生成する方法として、前記第1の画像の各画素について、輝度を与える所定の照明方程式を構成する複数のパラメータをそれぞれ取得する第1のステップと、前記各パラメータ毎に、当該パラメータの値が類似している画素からなる同質領域を特定する第2のステップと、前記各パラメータ毎に、前記所定の画像変換の内容に応じて、前記第2のステップにおいて特定した同質領域毎に、当該パラメータの変換処理を行う

第3のステップと、前記第3のステップにおける変換処理後の各パラメータを用いて、前記第2の画像の各画素の輝度を求める第4のステップとを備えたものを提供する。

[0027] 本発明の第2態様では、前記所定の画像変換は画像拡大であり、前記第3のステップにおける変換処理は、当該パラメータを高密化する処理である第1態様の画像変換方法を提供する。

[0028] 本発明の第3態様では、前記所定の画像変換は画像縮小であり、前記第3のステップにおける変換処理は、当該パラメータを低密化する処理である第1態様の画像変換方法を提供する。

[0029] 本発明の第4態様では、前記第1のステップにおける前記複数のパラメータの取得は、被写体からの計測または前記第1の画像からの推定によって行う第1態様の画像変換方法を提供する。

[0030] 本発明の第5態様では、前記第2のステップにおいて、複数画素における当該パラメータの値の分散を用いて類似度合の評価を行う第1態様の画像変換方法を提供する。

[0031] 本発明の第6態様では、前記第2のステップは、特定した同質領域内のノイズ除去を行う処理を含む第1態様の画像変換方法を提供する。

[0032] 本発明の第7態様では、テクスチャマッピング方法として、テクスチャ画像を3次元CGモデルのオブジェクトに貼り付ける前処理ステップと、前記オブジェクトに貼り付けられた前記テクスチャ画像の各画素について、輝度を与える所定の照明方程式を構成する複数のパラメータをそれぞれ取得する第1のステップと、前記各パラメータ毎に、当該パラメータの値が類似している画素からなる同質領域を特定する第2のステップと、前記各パラメータ毎に、所定の画像変換の内容に応じて、前記第2のステップにおいて特定した同質領域毎に、当該パラメータの変換処理を行う第3のステップと、前記第3のステップにおける変換処理後の各パラメータを用いて、前記オブジェクトの画像の各画素の輝度を求める第4のステップとを備えたものを提供する。

[0033] 本発明の第8態様では、第1の画像に対して所定の画像変換を行い、第2の画像を生成する装置として、前記第1の画像の各画素について、輝度を与える所定の照明方程式を構成する複数のパラメータをそれぞれ取得するパラメータ取得部と、前記各

パラメータ毎に、当該パラメータの値が類似している画素からなる同質領域を特定する同質領域特定部と、前記各パラメータ毎に、前記所定の画像変換の内容に応じて、前記同質領域特定部によって特定された同質領域毎に、当該パラメータの変換処理を行うパラメータ変換部と、前記パラメータ変換部による変換処理後の各パラメータを用いて、前記第2の画像の各画素の輝度を求める輝度算出部とを備えたものを提供する。

[0034] 本発明の第9態様では、テクスチャマッピング装置として、テクスチャ画像を3次元CGモデルのオブジェクトに貼り付ける前処理部と、前記オブジェクトに貼り付けられた前記テクスチャ画像の各画素について、輝度を与える所定の照明方程式を構成する複数のパラメータをそれぞれ取得するパラメータ取得部と、前記各パラメータ毎に、当該パラメータの値が類似している画素からなる同質領域を特定する同質領域特定部と、前記各パラメータ毎に、所定の画像変換の内容に応じて、前記同質領域特定部によって特定された同質領域毎に当該パラメータの変換処理を行うパラメータ変換部と、前記パラメータ変換部による変換処理後の各パラメータを用いて、前記オブジェクトの画像の各画素の輝度を求める輝度算出部とを備えたものを提供する。

[0035] 本発明の第10態様では、画像変換を行うサーバクライアントシステムとして、第8態様のパラメータ取得部、同質領域特定部およびパラメータ変換部を有するサーバと、第8態様の輝度算出部を有するクライアントとを備え、前記クライアントは、前記サーバに画像変更の内容を指示するものを提供する。

[0036] 本発明の第11態様では、第1の画像に対して所定の画像変換を行い、第2の画像を生成する方法をコンピュータに実行させるプログラムとして、前記第1の画像の各画素について、輝度を与える所定の照明方程式を構成する複数のパラメータを、それぞれ、取得する第1のステップと、前記各パラメータ毎に、当該パラメータの値が類似している画素からなる同質領域を特定する第2のステップと、前記各パラメータ毎に、前記所定の画像変換の内容に応じて、前記第2のステップにおいて特定した同質領域毎に、当該パラメータの変換処理を行う第3のステップと、前記第3のステップにおける変換処理後の各パラメータを用いて、前記第2の画像の各画素の輝度を求める第4のステップとをコンピュータに実行させるものを提供する。

[0037] 本発明の第12態様では、テクスチャマッピングプログラムとして、テクスチャ画像を3次元CGモデルのオブジェクトに貼り付ける前処理ステップと、前記オブジェクトに貼り付けられた前記テクスチャ画像の各画素について、輝度を与える所定の照明方程式を構成する複数のパラメータをそれぞれ取得する第1のステップと、前記各パラメータ毎に、当該パラメータの値が類似している画素からなる同質領域を特定する第2のステップと、前記各パラメータ毎に、所定の画像変換の内容に応じて、前記第2のステップにおいて特定した同質領域毎に当該パラメータの変換処理を行う第3のステップと、前記第3のステップにおける変換処理後の各パラメータを用いて、前記オブジェクトの画像の各画素の輝度を求める第4のステップとをコンピュータに実行させるものを提供する。

[0038] 以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して説明する。

[0039] (第1の実施形態)

図1は本発明の第1の実施形態に係る画像変換方法を示すフローチャートである。なお、本実施形態に係る画像変換方法は、当該方法を実現するためのプログラムをコンピュータに実行させることによって、実現することができる。

[0040] 本実施形態では、輝度を与える照明方程式として、例えば(数1)および(数2)に示す式を用いて、この式を構成する複数のパラメータ毎に、同質領域を特定する。そして、同質領域毎に、当該パラメータの変換処理を行い、所定の画像変換を実現する。

[数1]

$$I_v = \rho_a I_a + I_i (\bar{N} \cdot \bar{L}) d\omega (k_d \rho_d + k_s \rho_s)$$

[数2]

$$\rho_s = \frac{F_\lambda}{\pi} \frac{DG}{(\overline{N \cdot V})(\overline{N \cdot L})}$$

$$D = \frac{1}{4m^2 \cos^4 \beta} e^{-[(\tan \beta) / m]^2}$$

$$G = \min \left\{ 1, \frac{2(\overline{N \cdot H})(\overline{N \cdot V})}{(\overline{V \cdot H})}, \frac{2(\overline{N \cdot H})(\overline{N \cdot L})}{(\overline{V \cdot H})} \right\}$$

$$F_\lambda = \frac{1}{2} \frac{(g-c)^2}{(g+c)^2} \left( 1 + \frac{[c(g+c)-1]^2}{[c(g-c)+1]^2} \right)$$

$$g^2 = n^2 + c^2 - 1$$

$$c = (\overline{L \cdot H})$$

[0041] ここで、 $I_a$ は環境光の輝度、 $\rho_a$ は環境光の反射率、 $I_i$ は照明の輝度、ベクトル $N$ は表面法線ベクトル、ベクトル $L$ は光源方向を表わす光源ベクトル、 $d\omega$ は光源の立体角、 $\rho_d$ は拡散反射成分の双方向反射率、 $\rho_s$ は鏡面反射成分の双方向反射率、 $F_\lambda$ はフレネル係数、 $m$ はマイクロファセット分布、 $n$ は屈折率である。また、 $k_d$ は拡散反射成分比、 $k_s$ は鏡面反射成分比であり、 $k_d + k_s = 1$ の関係を持つ。ベクトル $H$ は光源ベクトル $L$ と視点ベクトル $V$ との中間に位置するハーフベクトル、 $\beta$ は表面法線ベクトル $N$ と視点ベクトル $V$ とのなす角度で、光源ベクトル $L$ 、表面法線ベクトル $N$ 、視点ベクトル $V$ から算出できる。

[0042] 図2は輝度と照明方程式パラメータとの関係を示す模式図である。同図中、(a)は(b)に示す画像の輝度の分布を示すグラフ、(c)～(f)は照明方程式パラメータのうち、拡散反射成分の双方向反射率 $\rho_d$ 、鏡面反射成分の双方向反射率 $\rho_s$ 、拡散反射成分比 $k_d$ および表面法線ベクトル $N$ の分布を、それぞれ示すグラフである。図2(a)、(c)～(f)のグラフにおいて、横軸は空間位置、縦軸は輝度または各パラメータの値である。

[0043] 図2(b)の画像では、4種類のオブジェクト $X_1 \sim X_4$ が存在する。オブジェクト $X_1$ は左から右へ明るくなる輝度分布、オブジェクト $X_2$ は規則性のないランダムな輝度分布、オブジェクト $X_3$ は中央部にハイライトを持つ輝度分布、オブジェクト $X_4$ は全空間位置において等輝度の分布を持つ。

[0044] オブジェクト $X_1$ の範囲では、拡散反射成分の双方向反射率 $\rho_d$ 、拡散反射成分比 $k_d$ および表面法線ベクトル $N$ が、同質領域(AA1, AC1, AD1)をそれぞれ持ち、鏡

面反射成分の双方向反射率  $\rho_s$  のみが増加している。この  $\rho_s$  の増加が、輝度の変化を生じさせている。オブジェクトX2の範囲では、拡散反射成分の双方向反射率  $\rho_d$ 、鏡面反射成分の双方向反射率  $\rho_s$  および表面法線ベクトルNが、同質領域(AA2, AB1, AD2)をそれぞれ持ち、拡散反射成分比kdのみが増加している。拡散反射成分比kdは、規則性のないランダムな変化を持ち、輝度もランダムに変化して、細かなテクスチャを形成している。

[0045] オブジェクトX3の範囲では、拡散反射成分の双方向反射率  $\rho_d$ 、鏡面反射成分の双方向反射率  $\rho_s$  および拡散反射成分比kdが、同質領域(AA2、AB2、AC2)を持ち、表面法線ベクトルNのみが増加している。このNの変化が、輝度の変化を生じさせている。オブジェクトX4の範囲では、各パラメータ  $\rho_d$ 、 $\rho_s$ 、kd、Nが全て同質領域(AA3、AB3、AC3、AD3)を持つため、輝度値は一定である。なお、拡散反射成分比kdが高く拡散反射成分が主であり(図2(e))、拡散反射成分の双方向反射率  $\rho_d$  が低い(図2(c))、オブジェクトX4の範囲での輝度値は低い。

[0046] 非特許文献2, 3に示された従来の画像拡大処理では、図2(a)のような輝度変化からエッジを検出し、これを強調している。この場合、輝度変化からのエッジ抽出はノイズとの分離が困難であり、エッジ強調によってノイズも強調されてしまう、という問題がある。

[0047] (数1)から分かるように、照明方程式を構成するパラメータが1つでも変化すれば、輝度は変化する。そこで、エッジの検出は、輝度変化から行うよりも、パラメータ毎に行う方が安定であることが理解できる。本実施形態では、エッジは、異なる同質領域が近接して生じるので、同質領域が安定に求められるパラメータほどエッジも安定に求めることができる。したがって、同質領域ごとに各パラメータを変換することによって、エッジの先鋭感やテクスチャ感を保存したまま、画像変換を実行することができる。

[0048] 図1のフローにもどり、ステップS00において、初期設定を行う。ここでは、画像変換の対象となる第1の画像を取得するとともに、同質領域判定用の閾値THEPR、同質領域マージ判定用の閾値THMEPR、およびノイズ判定用の閾値THNを設定する。これらの閾値の使い方については、後述する。

[0049] 第1のステップとしてのステップS10において、第1の画像の各画素について、所定

の照明方程式を構成する複数のパラメータを、それぞれ取得する。ここでは、上述の(数1)および(数2)の照明方程式を用いる。ここでは、環境光の輝度 $I_a$ 、環境光の反射率 $\rho_a$ 、光源の輝度 $I_i$ 、光源ベクトル $L$ および光源の立体角 $d\omega$ を環境条件と呼び、拡散反射成分の双方向反射率 $\rho_d$ 、鏡面反射成分の双方向反射率 $\rho_s$ 、拡散反射成分比 $k_d$ 、鏡面反射成分比 $k_s$ を光学特性と呼ぶ。これらは、(数1)に示す照明方程式に従って、視点方向への反射光の輝度値 $I_v$ を与える。

[0050] 図3は(数1)が前提としている幾何条件を示す概念図である。図3に示すように、物体表面 $SF$ 上の現在の注目点 $P$ に放射照度 $I_i(N \cdot L)d\omega$ で光源から光が入射し、拡散反射成分が $k_d \rho_d$ 、鏡面反射成分が $k_s \rho_s$ だけ反射される。環境光とは、物体表面 $SF$ 上の現在の注目点 $P$ に多重反射等で周辺から回り込んで入射する光であり、視点方向(ベクトル $V$ )の輝度 $I_v$ のバイアス成分に当たる。

[0051] なお、ここで示した照明方程式やパラメータの種類はあくまでも一例であり、本発明は、照明方程式の構造やパラメータの種類に対して制限を与えるものでなく、これらは任意である。

[0052] (数1)の各パラメータは、被写体からの計測、または、与えられた撮像画像からの推定などによって、得ることができる。例えば、表面法線ベクトル $N$ は、三角測量の原理を用いてレンジファインダ等によって計測できる(例えば、非特許文献5を参照)。三角測量の原理とは、3角形の一辺とその両端の角度が決まると3角形が一義的に定まることを利用しており、図4に示すように、既知の距離 $l$ だけ離れた2点 $A$ ,  $B$ から点 $P$ を見る角度をそれぞれ $\alpha$ 、 $\beta$ とすると、点 $P$ の座標値 $(x, y)$ は以下で与えられる。

[数3]

$$\begin{cases} x = \frac{l \tan \beta}{\tan \alpha + \tan \beta} \\ y = \frac{l \tan \alpha \tan \beta}{\tan \alpha + \tan \beta} \end{cases}$$

[0053] また、拡散反射と鏡面反射とを分離する手法として、例えば非特許文献6には、鏡面反射成分が偏光する性質を利用する技術が開示されている。光が物体表面で反射する場合、光の入射面に平行な電場成分と垂直な電場成分とでは、通常、フレ

ネル係数が異なるため、反射光は偏光する。このため、鏡面反射成分は一般的に偏光しているが、拡散反射は乱反射であるため、偏光性を持たない。そこで、図5に示すように、偏光フィルタPFを通して反射光RRを観測した場合、透過光RRPの強度は、反射光RRのうち偏光フィルタPFの偏光軸PFAに平行な成分の強度となる。このため、物体表面SFからの鏡面反射成分を偏光フィルタPFを回転させながら観測した場合、透過光RRPの強度は偏光フィルタPFの偏光軸PFAと鏡面反射の偏光面SP Pとの間の角度  $\phi$  に応じて変化し、次式で与えられる。

[数4]

$$L(\psi) = L_d + \frac{1}{4} \{F_v(\theta'_i) + F_p(\theta'_i) - (F_v(\theta'_i) - F_p(\theta'_i)) \cos 2\psi\} L_s$$

[0054] ここで、 $L_d$ は拡散反射成分の輝度、 $L_s$ は鏡面反射成分の輝度、 $\theta'_i$ は微小反射面での光の入射角、 $F_p$ は絶縁体に対する平行電場成分のフレネル係数、 $F_v$ は絶縁体に対する垂直電場成分のフレネル係数である。

[0055] 一方、各パラメータを撮影画像から推定する方法としては、例えば、空間応答特性と照明方程式パラメータとの対応関係を予め学習しておき、パラメータを取得する際に、その学習データを参照する方法が有効である。例えば、図6に示すように、画像特徴ベクトルと照明方程式パラメータとの関係を予め学習しておき、画像特徴ベクトルデータベース502および照明方程式パラメータデータベース503を準備しておく。第1の画像としての入力画像IINは、画像特徴解析処理501によって入力画像特徴ベクトルIINFVに変換される。画像特徴解析処理501では、例えばウェーブレット変換等によって空間応答特性を求める。画像特徴ベクトルデータベース502は入力画像特徴ベクトルIINFVに最も近い画像特徴ベクトルを選定し、入力画像特徴ベクトル番号IINFVNを出力する。照明方程式パラメータデータベース503は、入力画像特徴ベクトル番号IINFVNを受けて、これに対応する照明方程式パラメータを入力画像照明方程式パラメータIINLEPとして出力する。この方法を用いれば、所定の照明方程式のパラメータを、全て取得することができる。

[0056] なお、本発明は照明方程式のパラメータの計測方法や推定方法に制限を与えるものではなく、任意の方法が適応できる。たとえば、表面法線ベクトルNは、フォトメトリック



クステレオ法により、光源方向の異なる3枚以上の画像から得た(数8)を、一般化逆行列を用いて(数9)に変換することによって推定できる(R.J.Woodham,“Photometric method for determining surface orientation from multiple images”,Optical Engineering 19,pp.139-144 1980年)。

[数8]

$$\mathbf{v} = \mathbf{L}\mathbf{x}$$

[数9]

$$\mathbf{x} = (\mathbf{L}'\mathbf{L})^{-1}\mathbf{L}'\mathbf{v}$$

[0057] ここで、ベクトル $\mathbf{x}$ は反射率 $\rho$   $d$ を長さを持つ表面法線ベクトル $\rho$   $d\mathbf{N}$ を撮影回数分まとめたベクトル、行列 $\mathbf{L}$ は複数の光源ベクトル $\mathbf{L}$ を撮影回数分まとめた光源行列、ベクトル $\mathbf{v}$ は複数の視点方向への反射光の輝度値 $I_v$ を撮影回数分まとめたベクトルである。ただし、物体表面は均等拡散面(Lambertian面)とし、光源は無遠にある点光源と仮定する。また、拡散反射と鏡面反射とを分離する手法は、図5に示した手法以外に、たとえばRGB信号から形成される3次元色空間に分布する拡散反射成分と鏡面反射成分の分布形状の違いを利用する方法(S.Tominaga, N.Tanaka,“Estimating reflection parameters from a single color image”,IEEE Computer Graphics and Applications,vol.20,Issue 5,pp.58-66, 2000年)などがある。

[0058] 次に、第2のステップとしてのステップS20において、各パラメータ毎に、当該パラメータの値が類似している画素からなる同質領域を特定する。ここで、パラメータの類似性は、複数画素の領域における当該パラメータの分散によって評価する。この分散値が、ステップS00で設定された同質領域判定用閾値THEPRよりも小さいときは、その複数画素の領域は同質領域と判定され、一方、同質領域判定用閾値THEPRよりも大きいか等しいときは、同質領域ではないと判定される。この場合は、その領域の画素全てお互いに異質であるか、または、異なる同質領域が含まれているものと推定される。いずれの場合も、エッジが含まれていると考えられるので、エッジの先鋭感やテクスチャ感を保存するために、同質領域に含まれない画素には処理を加えない。

- [0059] 例えば、表面法線ベクトルの場合、同質であるときはベクトルの角度差が小さくなる。そこで、同質領域判定用閾値THEPRを例えば0.5度と定め、分散値が0.5度よりも小さいときは同質領域と判定し、0.5度よりも大きいか等しいときは、異質と判定する。また、拡散反射成分比kdは比率であり、0から1の値を取るため、同質領域判定用閾値THEPRを例えば0.01と定める。そして、分散値が0.01よりも小さいときは同質領域と判定し、分散値が0.01よりも大きいかまたは等しいときは、異質と判定する。
- [0060] パラメータの類似性を判定する複数画素の領域の設定は、任意であるが、ここでは、縦5画素×横5画素からなる単位領域を用いる(S21)。この場合、図7に示すようなP01～P28までの28種類の判定を行えば、単位領域UA内のすべてのパターン形状に対して同質領域を抽出できる。ただし、(1)同質領域に含まれる画素はすべて隣接し合うこと、(2)単位領域UAの中心画素を必ず含むこと、が条件になる。28種類すべてのパターンにおいて2段階で判定を行う。まず、3×3の中心エリアCAにおいて、9個の画素のうち、グレーの3個の画素について同質であるか否かを判定する。次に、同質と判定されたパターンについては、中心エリアCAの外側にあるハッチの付された画素を含めて同質であるか否かを判定する。複数のパターンが同質領域として判定された場合は、それらの和を取って同質領域とする。
- [0061] このような処理によって、特定した単位領域毎に、同質領域を認識することができる(S22)。同質領域が新たに認識されると(S22でYes)、この新たな同質領域を追加すべく、同質領域データを更新する(S23)。全ての単位領域について判定が済むまで、ステップS21～S23を繰り返し実行する(S24)。図8に示すように、縦5画素×横5画素の単位領域UAを水平と垂直に1ライン重なり合うように走査していけば、単位領域UAで生成された同質領域同士が接合されて、画像全体まで広げられる。
- [0062] 次にステップS25において、隣接する単位領域においてそれぞれ認識された複数の同質領域の類似性を評価し、類似する同質領域をマージする。同質領域の類似性の評価方法は任意であるが、例えば、単位領域ごとにパラメータ値の平均値を求め、この平均値の差分値を用いて判断すればよい。すなわち、差分値がステップS00で設定した同質領域マージ判定用閾値THMEPRよりも小さいときは、同質領域同

士をマージする。

[0063] 次にステップS26において、同質領域内のノイズの有無を判定する。この判定は例えば、同質領域内における全画素のパラメータ値の平均値を基準にし、ある画素のパラメータ値とこの平均値との差分が、ステップS00で設定したノイズ判定用閾値THNよりも大きいとき、これをノイズと判定する。表面法線ベクトルは、ノイズであるとき、ベクトルの角度の平均値との差分が大きくなる。そこで、ノイズ判定用閾値THNを例えば30度と定め、平均値との差分が30度よりも大きいとき、ノイズと判定する。また、拡散反射成分比kdに関しては、ノイズ判定用閾値THNを例えば0.2と定め、平均値との差分が0.2よりも大きいとき、ノイズと判定する。

[0064] そして、同質領域がノイズを含むと判定したとき(S26でYes)、ステップS27において、同質領域内のノイズを除去する。図9はノイズ除去の一例であり、グレーの画素が同質領域であり、P1, P2がノイズと判定された画素を示す。例えば、ノイズと判定された画素の周辺8画素のうち、同質領域に含まれる画素のパラメータ値の平均値を求め、これをノイズと置き換える。画素P1の場合、周辺8画素すべてが同質領域に属するので、周辺8画素すべてのパラメータ値の平均値で置き換える。一方、画素P2の場合、周辺8画素のうち2個の画素が同質領域に属するため、この2画素の平均値で置き換える。なお、ここで説明したノイズ除去の方法は一例であり、任意の方法を用いてもかまわない。

[0065] ステップS20の結果、同質領域に該当しない画素は、エッジを形成する。

[0066] そして、第3のステップとしてのステップS30において、各パラメータ毎に、所定の画像変換の内容に応じて、ステップS20で特定した同質領域毎に、当該パラメータの変換処理を行う。

[0067] 図10は画像変換として画像拡大を行う場合の処理を示す概念図である。図10に示すように、画像拡大を行う場合は、同質領域内でパラメータを高密度化する。図10(a)は変換前のパラメータの分布を示しており、パラメータ値の平均がP1である同質領域AE1と、パラメータ値の平均がP2である同質領域AE2とが隣接している。そして、同質領域AE1とAE2との境界に位置する画素S1, S2の輝度差が、エッジを形成している。いま、図10(a)の分布を例えば2倍に画像拡大するためには、図10(b)に示

すように、各黒丸の画素の間に白丸の画素を挿入すればよい。白丸の画素のパラメータ値は、例えば隣接する黒丸の画素のパラメータ値とする。また、画素S1, S2の間には、どちらかのパラメータ値をそのままコピーして新たな画素S3を生成すればよい。図10(b)では、画素S1のパラメータ値を画素S3にコピーし、画素S2, S3の輝度差を図10(a)における画素S1, S2の輝度差に一致させている。これにより、エッジは保存される。

[0068] なお、同質領域でない部分は、すべてエッジとして扱えばよい。例えば、図2(e)の同質領域AC1とAC2との間にはさまれた部分には、画素と画素の間に10の区間が存在するが、これら全てが1つ1つエッジであると捉える。高密化の方法は、図10の画素S3と同様に、隣接画素のパラメータ値をコピーすればよい。例えば、高密化する位置の左側の画素からコピーしたり、右側からコピーしたり、または、1区間おきに左側、右側を切り替えてコピーしたりしてもよい。

[0069] 図11は画像変換として画像縮小を行う場合の処理を示す概念図である。図11に示すように、画像縮小を行う場合は、同質領域内でパラメータを低密化する。低密化の方法は任意であるが、図11では一例として、周辺画素のパラメータ値の平均値を用いている。図11(a)は変換前のパラメータの分布を示しており、パラメータ値の平均がP1である同質領域AF1と、パラメータ値の平均がP2である同質領域AF2とが隣接している。そして、同質領域AF1とAF2との境界に位置する画素S6, S7の輝度差が、エッジを形成している。図11(a)の分布を例えば1/2に画像縮小して、図11(b)のような分布を生成する。同質領域AF1では、画素群SG1におけるパラメータ値の平均値を画素S4のパラメータ値とし、画素群SG2におけるパラメータ値の平均値を画素S5のパラメータ値とし、低密化を実現する。このとき、画素群SG1と画素群SG2とを一部重複させることによって、縮小画像のパラメータ値の変化を滑らかにしている。図11(a)におけるエッジである画素S6, S7の輝度差は、図11(b)における画素S7, S8の輝度差として保存する。すなわち、画素S8のパラメータ値は画素S6からコピーする。

[0070] そして、第4のステップとしてのステップS40において、ステップS30における変換処理後の各パラメータを用いて、所定の画像変換の後の第2の画像の各画素の輝度

を求める。このとき、(数1)の照明方程式に各パラメータを与えて、各画素毎に、反射光強度 $I_v$ を算出すればよい。

[0071] 以上のように本実施形態によると、輝度を照明方程式パラメータに分解して、各パラメータ毎に画素間の相関を利用して、画像拡大や画像縮小などの画像変換を行う。すなわち、画像変換は、各パラメータに対して、同質領域毎に実行されるため、エッジ部は同質領域間の境界条件として保存される。また、同質領域は、被写体の物理的特性である照明方程式パラメータの類似性に基づいて特定されるため、いわば、物理的裏付けをもって定められたものとなる。したがって、エッジの先鋭さやテクスチャ感を保存したまま、画質の安定した画像変換を実現することができる。

[0072] なお、ステップS10を実行するパラメータ取得部と、ステップS20を実行する同質領域特定部と、ステップS30を実行するパラメータ変換部と、ステップS40を実行する輝度算出部とを備えた画像変換装置を、構成してもよい。

[0073] <照明方程式の他の例>

なお、本発明で用いる照明方程式は、本実施形態で示したものに限られるものではなく、例えば、次のようなものを用いてもよい。

[数5]

$$I_v = I_{v,a} + I_i(\overline{N \cdot L})d\omega \cdot k_a \rho_a$$

[数6]

$$I_v = I_{v,a} + I_i(\overline{N \cdot L})d\omega \cdot \rho$$

[数7]

$$I_v = I_{v,a} + I_{v,i}d\omega$$

[0074] (数5)は拡散反射物体を対象にしたものであり、パラメータは6個である。ただし、 $I_{v,a}$ は周辺から視線方向への光強度を表わす。(数6)は拡散反射と鏡面反射を分けないものであり、パラメータは5個である。(数7)は反射率を考慮しないものであり、パラメータは2個である。ただし、 $I_{v,i}$ は注目画素から視線方向への光強度を表わす。

[0075] (第2の実施形態)

本発明の第2の実施形態では、所定の画像変換として、画像圧縮を行うものとする。基本的な処理の流れは第1の実施形態と同様であり、ステップS30において、画像圧縮のために、各パラメータを圧縮符号化する処理を行う。この場合、通常は、ステップS40は実行されずに、圧縮された画像データを転送したり記録したりする。そして、画像を再生する場合は、各パラメータをそれぞれ復号化し、各画素の輝度を算出する。本実施形態に係る画像変換方法も、第1の実施形態と同様に、当該方法を実現するためのプログラムをコンピュータに実行させることによって、実現することができる。また、ステップS10を実行するパラメータ取得部と、ステップS20を実行する同質領域特定部と、ステップS30を実行するパラメータ圧縮部とを備えた画像圧縮装置を、構成してもよい。

[0076] 図12は本実施形態におけるパラメータ変換処理を示す概念図である。図12(a)において、白丸は同質領域AG1～AG3に属する画素のパラメータ値を表し、ハッチが付された丸は同質領域に属さない画素のパラメータ値を表す。図12(a)に示すように、各同質領域AG1～AG3ではパラメータ値はほぼ均等であり、このため、パラメータ値に関する情報量はほとんど平均値に集約されている。したがって、各同質領域AG1～AG3では、パラメータ値の平均値、および各画素のパラメータ値と平均値との差分を符号化するものとし、かつ、差分には少量の符号量を割り当てるようにする。これにより、画質を損なうことなく、少ない符号量で、パラメータ値の圧縮符号化を行うことができる。

[0077] 例えば、図12(b)の符号化列に示すように、同質領域AG1に関して、まず、符号化タイプTP1を宣言し(ここでは「平均値との差分」)、次に平均値D1、各画素での平均値との差分D2と続け、最後に区切り信号SG1を付す。なお、区切り信号SG1を付す代わりに、符号化タイプとして特別な符号を割り当て、区切りが認識できるようにしてもよい。また、差分D2が無視できるほど小さい場合は、ランレングス符号化を適用してもよい。

[0078] 同質領域に属さない画素に関しては、パラメータ値が不規則に変化しているので、平均値との差分で符号化してもデータ量の圧縮は期待できない。そこで、たとえばJPEG (Joint Photographic Experts Group) やMPEG (Moving Picture Experts Group)

に採用されている直交変換などを用いればいい。すなわち、符号化タイプTP2として「直交変換」を宣言し、周波数係数D3を第1周波数項から順に符号化していく。なお、同質領域が画像中のほとんどの範囲を占める場合は、同質領域に属さない画素のパラメータ値をそのまま符号化してもかまわない。

- [0079] 区切り信号SG2の後、同質領域AG2, AG3に関しては、同質領域AG1と同様に、符号化タイプTP3, TP4として「平均値との差分」を宣言する。
- [0080] 以上のように本実施形態によると、輝度値を構成するパラメータに分解して、近傍画素との相関を求めることによって、輝度値よりも高い相関が期待でき、したがって、圧縮効率を向上させることができる。また、同質領域ごとに圧縮符号化を行うので、先鋭感やテクスチャ感を保存したまま、輝度値ベースよりも高い圧縮率を実現できる。
- [0081] (第3の実施形態)
- 本発明の第3の実施形態では、上述したような画像変換方法を、コンピュータグラフィックスにおけるテクスチャマッピングに適用する。
- [0082] 図13はレンダリング処理の主な流れを示すフローチャートである。レンダリング処理とは、コンピュータグラフィックスにおいて、コンピュータ内に生成した3次元モデルを2次元の画像データに変換する処理のことである(例えば非特許文献1のpp. 79を参照)。図13に示すように、レンダリング処理は、視点と光源の設定S101、座標変換S102、陰面消去S103、シェーディングとシャドウイングS104、テクスチャマッピングS105、およびビューポート変換S106が、主なステップとなる。
- [0083] まずステップS101において、視点VAと光源LSが設定されると、見え方が決まる。次にステップS102において、ローカル座標系で管理されていた各オブジェクトが正規座標系にまとめられ、ステップS103において、視点から見えない陰面部が削除される。そしてステップS104において、光源LSからオブジェクトOA、OBへの光のあたり方が計算され、陰Shadeと影Shadowが生成される。
- [0084] そして、ステップS105においてテクスチャマッピングを行い、オブジェクトOA、OBに対するテクスチャTA、TBを生成する。テクスチャは画像データと取得するのが一般的であり、テクスチャ画像TIAをオブジェクトOAの形状に合わせて変形し、オブジェクトOA上に合成する。同様に、テクスチャ画像TIBをオブジェクトOBの形状に合

わせて変形し、オブジェクトOB上に合成する。

[0085] 本実施形態では、このテクスチャマッピングにおいて、上述したような画像変換を適用する。すなわち、まず、テクスチャ画像TIA, TIBを、3次元CGモデルのオブジェクトOA, OBに貼り付ける前処理を行う。そして、図1のフローに従って処理を行う。ステップS10では、2次元テクスチャ画像TIA, TIBの光学パラメータと、オブジェクトOA, OBの表面法線ベクトルとを用いて、オブジェクトOA, OBに貼り付けられたテクスチャ画像TIA, TIBの各画素について、パラメータを取得する。以降の処理は、第1の実施形態と同様である。なお、本実施形態に係るテクスチャマッピング方法も、当該方法を実現するためのプログラムをコンピュータに実行させることによって、実現することができる。また、上述の前処理を行う前処理部と、ステップS10を実行するパラメータ取得部と、ステップS20を実行する同質領域特定部と、ステップS30を実行するパラメータ変換部と、ステップS40を実行する輝度算出部とを備えたテクスチャマッピング装置を、構成してもよい。

[0086] 最後に、ステップS106において、ビューポート変換を行い、表示されるスクリーンSCNまたはウィンドウWNDに合わせた画像サイズの2次元画像を生成する。

[0087] ここで、レンダリング処理は、視点や光源の位置が変わるために実行する必要がある。ゲーム機器のようなインタラクティブシステムでは、頻りにレンダリング処理が繰り返される。テクスチャマッピングでは通常、物体表面に貼り付けるテクスチャデータを画像として準備するので、視点や光源が変わると、そのたびに、テクスチャデータを拡大、縮小、回転、色換え等によって変換する必要がある。

[0088] そこで本実施形態のように、パラメータ毎に画像変換を実施すれば、テクスチャ感を保存したまま、様々な視点や光源設定に応じたテクスチャマッピングを実現することができる。特に、光源の位置が変わった場合、テクスチャの変化を輝度値ベースで算出することは困難なので、本実施形態のように光源ベクトルを直接制御できる方法は、従来に比べて原理的に優位であるといえる。

[0089] 以下、本発明を実現する構成例を例示する。

[0090] (第1の構成例)

図14は第1の構成例を示す図であり、パーソナルコンピュータを用いて本発明に係



る画像変換を行う構成の一例である。カメラ101の解像度はディスプレイ102の解像度よりも低く、ディスプレイ102の表示能力を最大限に生かすために、メインメモリ103にロードされた画像変換プログラムによって拡大画像を作成する。カメラ101で取り込まれた低解像度画像は画像メモリ104に記録される。外部記憶装置105には予め、図6に示したような画像特徴ベクトルデータベース502および照明方程式パラメータデータベース503が準備されており、メインメモリ103の画像変換プログラムから参照可能になっている。

[0091] 画像変換プログラムによる処理は、第1の実施形態と同様であり、照明方程式パラメータごとに同質領域を判定し、同質領域内で高密化する。すなわち、メモリバス106を介して画像メモリ104の低解像度画像を読み込み、これをディスプレイ102の解像度に合わせて拡大し、再びメモリバス106経由でビデオメモリ107に転送する。ビデオメモリ107に転送された拡大画像は、ディスプレイ102に表示される。

[0092] なお、本発明は図14の構成に拘束されるものではなく、様々な構成をとることができる。例えば、照明方程式パラメータは、計測器によって被写体から直接計測してもかまわない。この場合、外部記憶装置105の画像特徴ベクトルデータベース502および照明方程式パラメータデータベース503は、必要でなくなる。また低解像度画像をネットワーク108から取得してもかまわない。また、外部記憶装置105にテクスチャデータを保持し、メインメモリ103において第3の実施形態で示したテクスチャマッピングを実行してもかまわない。

[0093] また、カメラ101の解像度がディスプレイ102の解像度よりも高い場合は、メインメモリ103にロードされた画像変換プログラムは、第1の実施形態で示したように画像縮小を行えばよい。また、第2の実施形態に従って画像圧縮を行ってもよく、この場合は、照明方程式パラメータをデータ圧縮して、ネットワーク108等から送信することができる。

[0094] また、カメラ101としては、カメラ付携帯電話やデジタルスチルカメラ、ビデオムービーカメラなど任意のタイプの撮像装置が適用できる。さらに、予め録画した映像を再生する再生装置においても、本発明を実現することができる。

[0095] (第2の構成例)

図15は第2の構成例を示す図であり、サーバクライアントシステムを用いて本発明に係る画像変換を行う構成の一例である。カメラ201の解像度はディスプレイ202の解像度よりも低く、ディスプレイ202の表示能力を最大限に生かすために、サーバクライアントシステムにおいて画像拡大を実行する。サーバ301は、図6と同様に、画像特徴解析部501、画像特徴ベクトルデータベース502および照明方程式パラメータデータベース503を備えており、入力画像IINから照明方程式パラメータIINLEPを算出してパラメータ操作部205に出力する。この動作は、図1のフローにおけるステップS10に相当する。画像特徴解析部501、画像特徴ベクトルデータベース502および照明方程式パラメータデータベース503によって、パラメータ取得部が構成されている。

[0096] 一方、クライアント302の画像変換指示部203から、画像変換の指示が画像変換指示信号ICISとしてサーバ301のパラメータ操作指示部204に渡される。パラメータ操作指示部204は、画像変換指示信号ICISによる画像変換の内容を照明パラメータの操作内容に置き換え、パラメータ操作指示信号LEPSとしてパラメータ操作部205に出力する。パラメータ操作部205は、第1の実施形態に示した画像変換方法に従って、照明方程式パラメータIINLEPを操作して画像拡大や画像圧縮を行い、新パラメータ値IOUTLEPを生成する。この動作は、図1のフローにおけるステップS20およびS30に相当する。パラメータ操作部205が、同質領域特定部およびパラメータ変換部に対応している。

[0097] このような動作によって、サーバ301はクライアント302からの画像変換指示に従った新パラメータ値IOUTLEPを、ネットワーク206を介してクライアント302に提供できる。新パラメータ値IOUTLEPを受け取ったクライアント302では、輝度算出部としての画像生成部207が拡大画像を生成し、ディスプレイ202に供給する。この動作は、図1のフローにおけるステップS40に相当する。

[0098] なお、本発明は図15の構成に拘束されるものではなく、カメラ201の解像度がディスプレイ202の解像度よりも高い場合は、パラメータ操作部205が第1の実施形態で示したように画像縮小を行えばよい。また、パラメータ操作部205が第2の実施形態に従って符号化装置として動作し、画像生成部207が復号化装置として動作すれば

、圧縮データをネットワーク206に配信できる。

[0099] なお、画像機器の組み合わせや、各手段のシステム上の位置(サーバー301に属するか、クライアント302に属するか、またはそれ以外に属するかなど)は、任意である。また、カメラ201としては、カメラ付携帯電話やデジタルスチルカメラ、ビデオムービーカメラなど任意のタイプの撮像装置が適用できる。さらに、予め録画した映像を再生する再生装置においても、本発明を実現することができる。

[0100] (第3の構成例)

図16は第3の構成例を示す図であり、カメラでの撮影において本発明に係る画像変換を行う構成の一例である。

[0101] カメラ401は広角レンズ402を備え、たとえば画角180度の広視野を一度に撮影できる。広角レンズ402を上方に向けて取り付けすることで光源403を撮影できる。広角レンズ402の光軸をz軸とし、カメラ401の内部にある広角用撮像素子404の水平方向をx軸、広角用撮像素子404の鉛直方向をy軸としたxyz3次元座標系を、広角レンズ402の焦点位置を座標原点として定め、光源ベクトルLを求める。

[0102] 図17(a)は、光源403の位置と広角レンズ402で撮影された広角画像405との関係を示す。光源403の位置が曲線LTに沿って移動した場合で考える。曲線LT上の位置PS1から位置PS5に移動した光源403は、広角画像405の直線ST上の位置PX1から位置PX5に記録される。光源403が位置PS2にある場合、直線STとx軸が成す角度を $\theta$ 、直線STと光源ベクトルL2が成す角度を $\phi$ として、光源ベクトルL2を求める方法を説明する。

[0103] 図17(b)は、図17(a)の広角画像405をz軸方向から見たもので、位置PX1と座標原点Oの距離をd、位置PX2と座標原点Oの距離をrとする。位置PX1は $\phi = 0$ 、座標原点Oは $\phi = 90$ 度であり、この間の光源位置と広角画像上の位置は線形に配分されるため、位置PX2の角度 $\phi$ は以下で与えられる。

[数10]

$$\phi = \frac{r\pi}{2d}$$

[0104] ここで、広角画像上の位置PX1、位置PX2、座標原点Oの画素位置をそれぞれ、(

$(x_{L1}, y_{L1})$ 、 $(x_{L2}, y_{L2})$ 、 $(x_o, y_o)$ とすると、位置PX1と座標原点Oの距離dは、

[数11]

$$d = \sqrt{(x_{L1} - x_o)^2 + (y_{L1} - y_o)^2}$$

で与えられ、位置PX2と座標原点Oの距離rは、

[数12]

$$r = \sqrt{(x_{L2} - x_o)^2 + (y_{L2} - y_o)^2}$$

で与えられる。

[0105] 図17(c)は、位置PX2からz軸方向に光源ベクトルL2との交線LTを引いて得られる三角形を示し、交線LTの長さを $z_{L2}$ とすると、次式が得られる。

[数13]

$$z_{L2} = r \tan\left(\frac{r\pi}{2d}\right)$$

光源ベクトルL2を長さ1の単位ベクトルで定義するならば、

[数14]

$$\left[ \frac{x_{L2}}{\sqrt{r^2 + z_{L2}^2}} \quad \frac{y_{L2}}{\sqrt{r^2 + z_{L2}^2}} \quad \frac{z_{L2}}{\sqrt{r^2 + z_{L2}^2}} \right] = \left[ \frac{x_{L2}}{r \sqrt{1 + \tan^2\left(\frac{r\pi}{2d}\right)}} \quad \frac{y_{L2}}{r \sqrt{1 + \tan^2\left(\frac{r\pi}{2d}\right)}} \quad \frac{z_{L2}}{r \sqrt{1 + \tan^2\left(\frac{r\pi}{2d}\right)}} \right]$$

となる。

[0106] 被写体の撮影は、被写体撮影レンズ406と被写体用撮像素子407で行い、被写体用撮像素子407の出力である第1の画像を画像変換部408が第2画像に変換する。画像変換部408は、たとえば図1のフローチャートに従った画像拡大や図12に従った画像圧縮などを実行する。画像変換に用いる座標系に制限はないが、画像変換は被写体用撮像素子407の出力に施すため、被写体用撮像素子407のxyz3次元座標系を用いることが好ましい。そこで、広角用撮像素子404のxyz3次元座標系で表された光源ベクトルである(数14)を被写体用撮像素子407のxyz3次元座標系へ変換する。座標系の変換は、座標軸の変換で実現できる。ベクトル $(x_{\text{light},x}, y_{\text{light},x}, z_{\text{light}})$

) は、広角用撮像素子404のxyz3次元座標系のx軸を被写体用撮影素子407のxyz3次元座標系で表わしたベクトルとする。ベクトル $(x_{light,x}, y_{light,x}, z_{light,x})$ は、広角用撮像素子404のxyz3次元座標系のx軸を広角用撮影素子404のxyz3次元座標系で表わしたベクトルとする。x軸と同様にy軸、z軸も定義すると、各軸のベクトルは3×3行列Mで以下のように関係付けられる。

[数15]

$$\begin{pmatrix} x_{light,x} & x_{light,y} & x_{light,z} \\ y_{light,x} & y_{light,y} & y_{light,z} \\ z_{light,x} & z_{light,y} & z_{light,z} \end{pmatrix}_{object} = M \begin{pmatrix} x_{light,x} & x_{light,y} & x_{light,z} \\ y_{light,x} & y_{light,y} & y_{light,z} \\ z_{light,x} & z_{light,y} & z_{light,z} \end{pmatrix}_{light}$$

これを行列Mについて解くと

[数16]

$$M = \begin{pmatrix} x_{light,x} & x_{light,y} & x_{light,z} \\ y_{light,x} & y_{light,y} & y_{light,z} \\ z_{light,x} & z_{light,y} & z_{light,z} \end{pmatrix}_{object} \begin{pmatrix} x_{light,x} & x_{light,y} & x_{light,z} \\ y_{light,x} & y_{light,y} & y_{light,z} \\ z_{light,x} & z_{light,y} & z_{light,z} \end{pmatrix}_{light}^{-1}$$

となる。この行列Mで(数14)に施すことによって、光源ベクトルLは広角用撮像素子404のxyz3次元座標系から被写体用撮影素子407のxyz3次元座標系へ変換される。

[0107] なお、光源は多くの場合、カメラ401の上方に位置するため、たとえば画角180度の広角レンズ402を利用すれば光源403を撮影することができるが、仮に画角が不十分で光源403を広角レンズ402の画角に捉え切れない場合は、カメラ401の向きを変えて光源403を画角に捉える。そこで、カメラ401の向きの変化を計測する必要があるため、カメラ401に3次元姿勢センサ409(加速度センサなどで構成)を内蔵し、広角用撮影素子404のxyz3次元座標軸の3次元動きを3次元姿勢センサ409から取得し、(数16)と同じ要領で座標変換すればいい。

[0108] カメラの向きを変える別の方法として、折り畳み式携帯電話の構成も有効である。すなわち、図18に示すように、携帯電話601は相手側カメラ602(携帯電話601の使用者の目の前の被写体を撮影するカメラ)と自分側カメラ603(携帯電話601の使用者を撮影するカメラ)を備え、相手側カメラ602は折り畳んだディスプレイ部604を開く

際に大きく向きを変える。すなわち、(a)に示すように、ディスプレイ部604の開き角度DAGが小さい場合は携帯電話601の上方を捉え、(c)に示すように、ディスプレイ部604の開き角度DAGが大きい場合は携帯電話601の使用者の前方を捉え、(b)に示すように、ディスプレイ部604の開き角度DAGが中間の大きい場合は、携帯電話601の上方と携帯電話601の使用者の前方の中間方向を捉える。そこで、ディスプレイ部604の開き角度DAGをヒンジ605に備えた角度センサ606で検出して、相手側カメラ602の向きを算出する。xyz3次元座標系は、たとえば、自分側カメラ603の焦点位置を座標原点とし、携帯電話601の構造上決まる相手側カメラ602の焦点位置との関係から、(数16)に従って、2つのカメラの撮影画像を同じxyz3次元座標系で管理できる。なお、自分側カメラ602も光源の撮影するために利用できることは明らかである。以上により、図3に示した照明方程式のパラメータのうち、光源ベクトルLが算出できる。

[0109] また、カメラ401は、偏光フィルタを備えることによって、たとえば(数4)や図5で説明した方法によって、被写体撮影レンズ408へ入射する物体からの反射光を拡散反射成分と鏡面反射成分に分離できる。拡散反射成分を用いれば、(数9)で説明したフォトメトリックステレオ法によって表面法線ベクトルNが算出できる。フォトメトリックステレオ法は(数8)で説明したように、光源の向きが異なる3枚以上の画像が必要である。そこで、光源403が移動可能であれば、光源403の位置を3種類以上設定して都度、撮影を行うことで(数8)を得ることができる。また、被写体が移動することで光源と被写体の位置関係が変化し、結果的に光源の向きが変化する。そこで、被写体の特定点を追跡し、3回以上撮影することで(数8)を得ることもできる。一方、鏡面反射成分は(数1)の $k_s \rho_s$ に相当し、光源ベクトルLと表面法線ベクトルNが既知となると、(数2)に含まれる未知パラメータは、鏡面反射成分比 $k_s$ 、フレネル係数 $F_\lambda$ 、マイクロfacet分布 $m$ 、屈折率 $n$ の4つになる。これらのパラメータは複数のサンプルデータから最小二乗法によるフィッティングで求める方法や屈折率計などの計測器で求める方法などが利用できる。

[0110] なお、図16の構成に加えて、レンジファインダを別途用いれば、表面法線ベクトルNが計測できることは明らかである。

[0111] 以上のように本発明は、広く普及しているパーソナルコンピュータや、サーバークライアントシステム、または、カメラ付携帯電話やデジタルスチルカメラ、ビデオムービーカメラ、テレビなどビデオ機器全般で実行可能であり、特別な機器、運用、管理などは必要ない。なお、専用ハードウェアへの実装やソフトウェアとハードウェアの組み合わせなど、機器接続形態や機器内部の構成を拘束するものではない。

#### 産業上の利用可能性

[0112] 本発明では、エッジの先鋭さやテクスチャ感を保存したまま、画質の安定した画像変換を実現できるので、例えば、スポーツや観光、記念撮影など目の前のシーンを映像として記録する映像エンタテインメント分野において利用することができる。また、文化芸術の分野では、被写体や撮影場所に制限されない自由度の高いデジタルアーカイブシステムを提供するために利用することができる。

## 請求の範囲

- [1] 第1の画像に対して所定の画像変換を行い、第2の画像を生成する方法であって、前記第1の画像の各画素について、輝度を与える所定の照明方程式を構成する複数のパラメータを、それぞれ、取得する第1のステップと、  
前記各パラメータ毎に、当該パラメータの値が類似している画素からなる同質領域を特定する第2のステップと、  
前記各パラメータ毎に、前記所定の画像変換の内容に応じて、前記第2のステップにおいて特定した同質領域毎に、当該パラメータの変換処理を行う第3のステップと、  
前記第3のステップにおける変換処理後の各パラメータを用いて、前記第2の画像の各画素の輝度を求める第4のステップとを備えたことを特徴とする画像変換方法。
- [2] 請求項1において、  
前記所定の画像変換は、画像拡大であり、  
前記第3のステップにおける変換処理は、当該パラメータを高密化する処理であることを特徴とする画像変換方法。
- [3] 請求項1において、  
前記所定の画像変換は、画像縮小であり、  
前記第3のステップにおける変換処理は、当該パラメータを低密化する処理であることを特徴とする画像変換方法。
- [4] 請求項1において、  
前記第1のステップにおける前記複数のパラメータの取得は、被写体からの計測、または、前記第1の画像からの推定によって、行うことを特徴とする画像変換方法。
- [5] 請求項1において、  
前記第2のステップにおいて、複数画素における当該パラメータの値の分散を用いて、類似度合の評価を行うことを特徴とする画像変換方法。



- [6] 請求項1において、  
前記第2のステップは、特定した同質領域内のノイズ除去を行う処理を含むことを特徴とする画像変換方法。
- [7] テクスチャ画像を、3次元CGモデルのオブジェクトに貼り付ける前処理ステップと、  
前記オブジェクトに貼り付けられた前記テクスチャ画像の各画素について、輝度を与える所定の照明方程式を構成する複数のパラメータを、それぞれ、取得する第1のステップと、  
前記各パラメータ毎に、当該パラメータの値が類似している画素からなる同質領域を特定する第2のステップと、  
前記各パラメータ毎に、所定の画像変換の内容に応じて、前記第2のステップにおいて特定した同質領域毎に、当該パラメータの変換処理を行う第3のステップと、  
前記第3のステップにおける変換処理後の各パラメータを用いて、前記オブジェクトの画像の各画素の輝度を求める第4のステップとを備えたことを特徴とするテクスチャマッピング方法。
- [8] 第1の画像に対して所定の画像変換を行い、第2の画像を生成する装置であって、  
前記第1の画像の各画素について、輝度を与える所定の照明方程式を構成する複数のパラメータを、それぞれ、取得するパラメータ取得部と、  
前記各パラメータ毎に、当該パラメータの値が類似している画素からなる同質領域を特定する同質領域特定部と、  
前記各パラメータ毎に、前記所定の画像変換の内容に応じて、前記同質領域特定部によって特定された同質領域毎に、当該パラメータの変換処理を行うパラメータ変換部と、  
前記パラメータ変換部による変換処理後の各パラメータを用いて、前記第2の画像の各画素の輝度を求める輝度算出部とを備えたことを特徴とする画像変換装置。
- [9] テクスチャ画像を、3次元CGモデルのオブジェクトに貼り付ける前処理部と、  
前記オブジェクトに貼り付けられた前記テクスチャ画像の各画素について、輝度を与える所定の照明方程式を構成する複数のパラメータを、それぞれ、取得するパラメ

ータ取得部と、

前記各パラメータ毎に、当該パラメータの値が類似している画素からなる同質領域を特定する同質領域特定部と、

前記各パラメータ毎に、所定の画像変換の内容に応じて、前記同質領域特定部によって特定された同質領域毎に、当該パラメータの変換処理を行うパラメータ変換部と、

前記パラメータ変換部による変換処理後の各パラメータを用いて、前記オブジェクトの画像の各画素の輝度を求める輝度算出部とを備えたことを特徴とするテクスチャマッピング装置。

[10] 画像変換を行うサーバクライアントシステムであって、

請求項8のパラメータ取得部、同質領域特定部、およびパラメータ変換部を有するサーバと、

請求項8の輝度算出部を有するクライアントとを備え、

前記クライアントは、前記サーバに、画像変更の内容を指示することを特徴とするサーバクライアントシステム。

[11] 第1の画像に対して所定の画像変換を行い、第2の画像を生成する方法をコンピュータに実行させるプログラムであって、

前記第1の画像の各画素について、輝度を与える所定の照明方程式を構成する複数のパラメータを、それぞれ、取得する第1のステップと、

前記各パラメータ毎に、当該パラメータの値が類似している画素からなる同質領域を特定する第2のステップと、

前記各パラメータ毎に、前記所定の画像変換の内容に応じて、前記第2のステップにおいて特定した同質領域毎に、当該パラメータの変換処理を行う第3のステップと

、  
前記第3のステップにおける変換処理後の各パラメータを用いて、前記第2の画像の各画素の輝度を求める第4のステップとをコンピュータに実行させる画像変換プログラム。

[12] テクスチャ画像を、3次元CGモデルのオブジェクトに貼り付ける前処理ステップと、

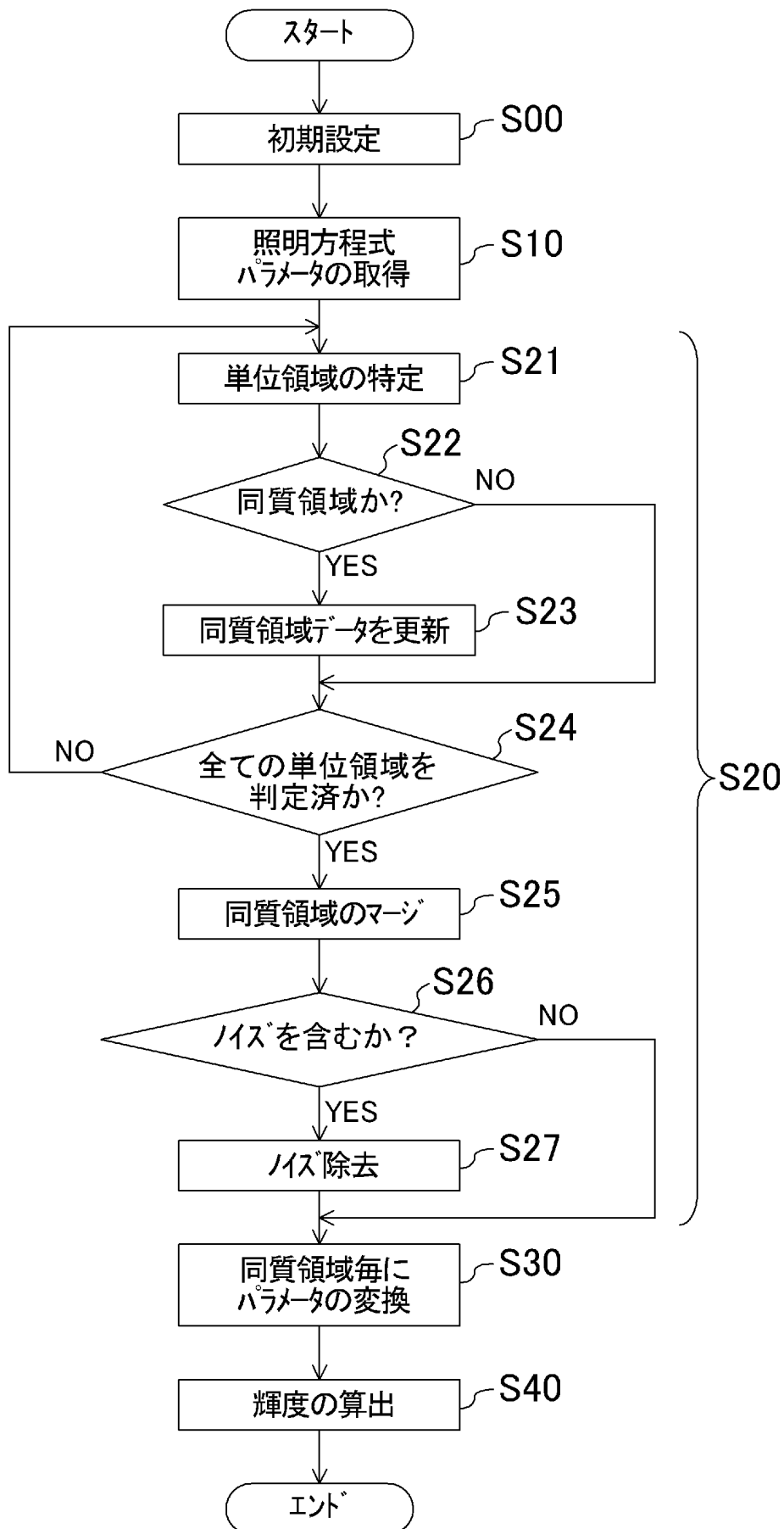
前記オブジェクトに貼り付けられた前記テクスチャ画像の各画素について、輝度を与える所定の照明方程式を構成する複数のパラメータを、それぞれ、取得する第1のステップと、

前記各パラメータ毎に、当該パラメータの値が類似している画素からなる同質領域を特定する第2のステップと、

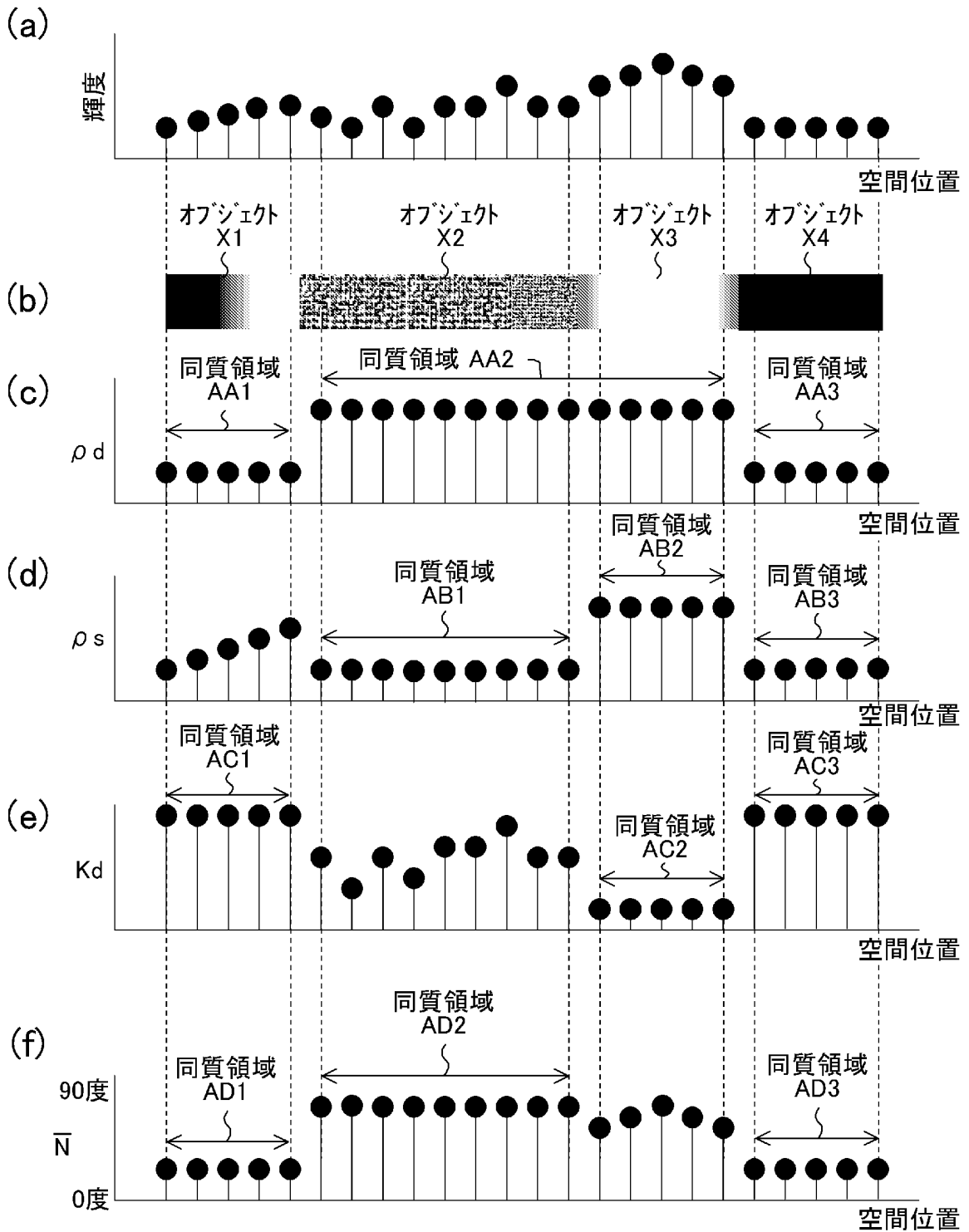
前記各パラメータ毎に、所定の画像変換の内容に応じて、前記第2のステップにおいて特定した同質領域毎に、当該パラメータの変換処理を行う第3のステップと、

前記第3のステップにおける変換処理後の各パラメータを用いて、前記オブジェクトの画像の各画素の輝度を求める第4のステップとを  
コンピュータに実行させるテクスチャマッピングプログラム。

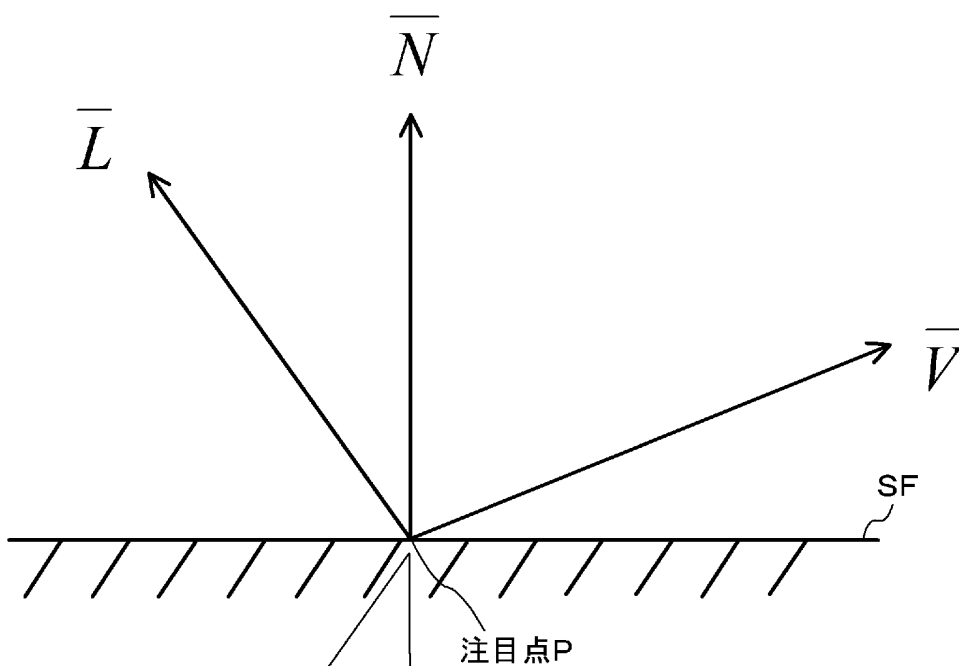
[図1]



[図2]

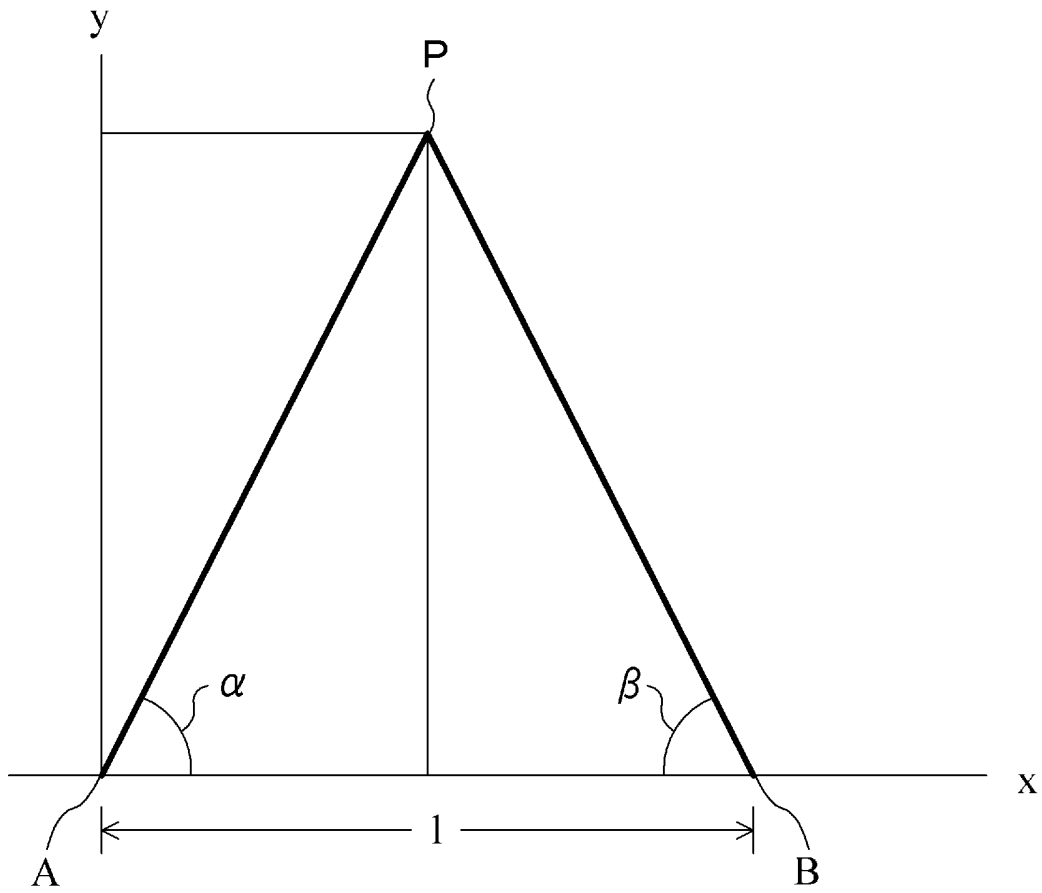


[図3]

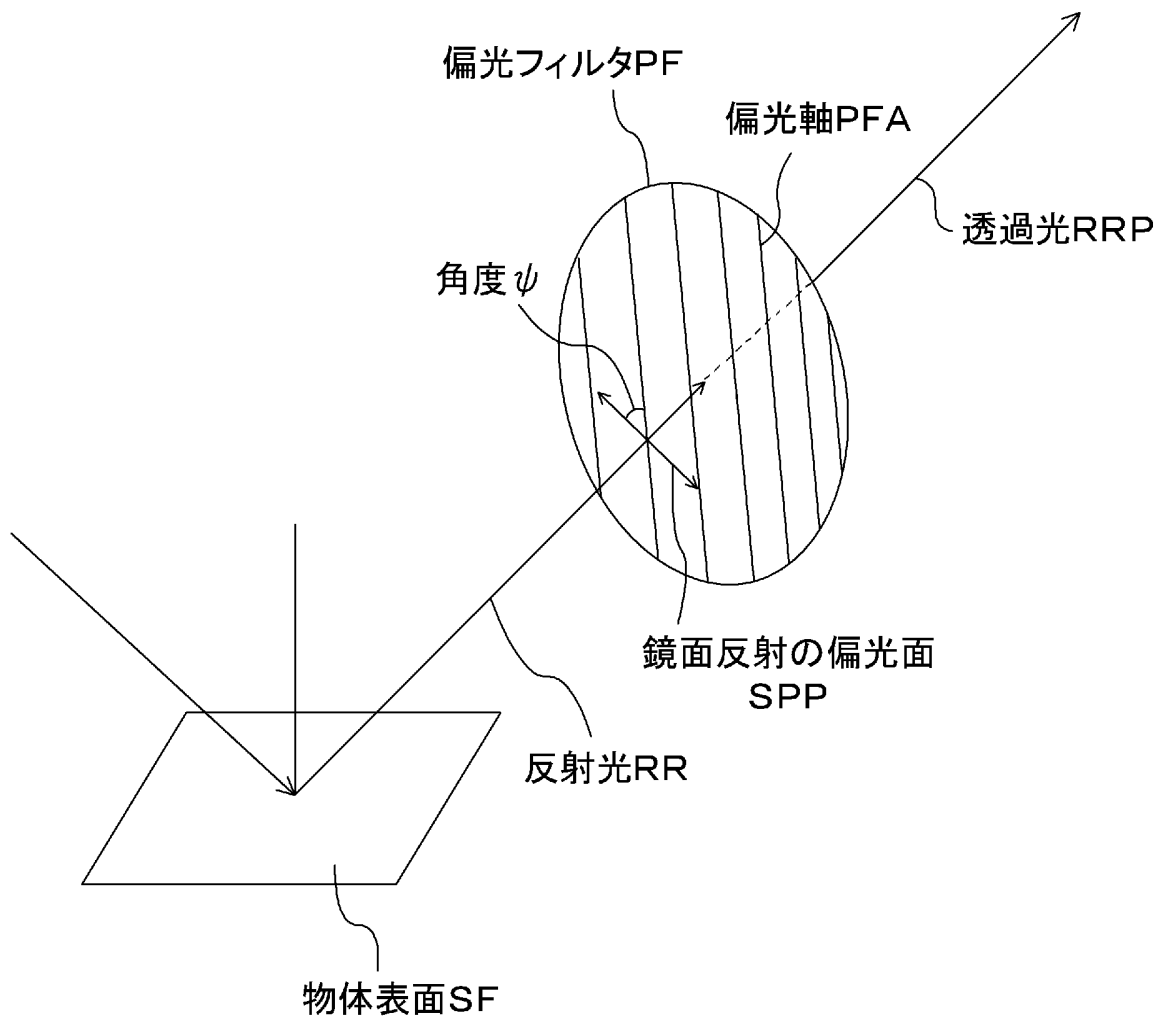


拡散反射成分比  $k_d$   
鏡面反射成分比  $k_s$   
拡散反射成分の双方向反射率  $\rho_d$   
鏡面反射成分の双方向反射率  $\rho_s$

[図4]

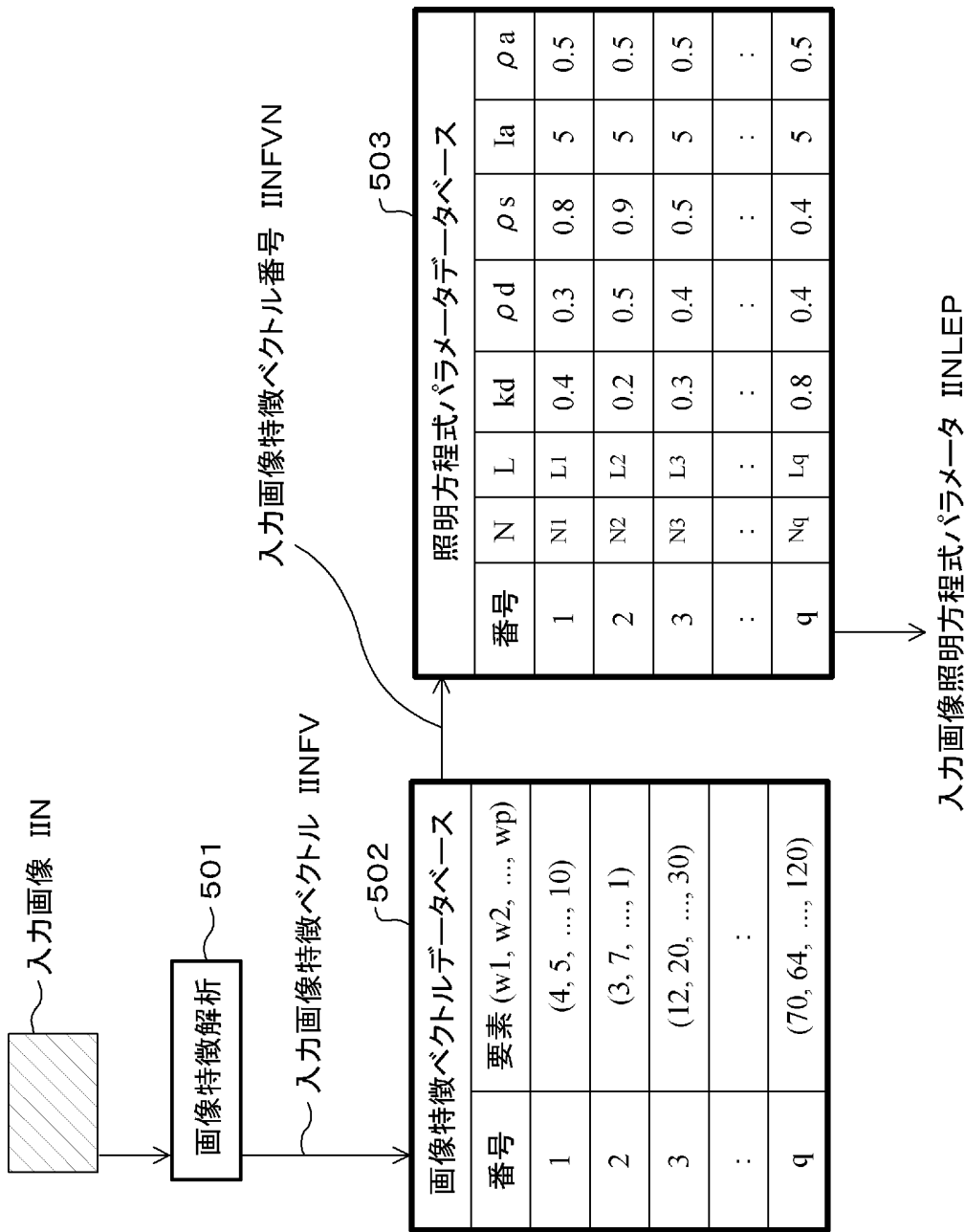


[図5]

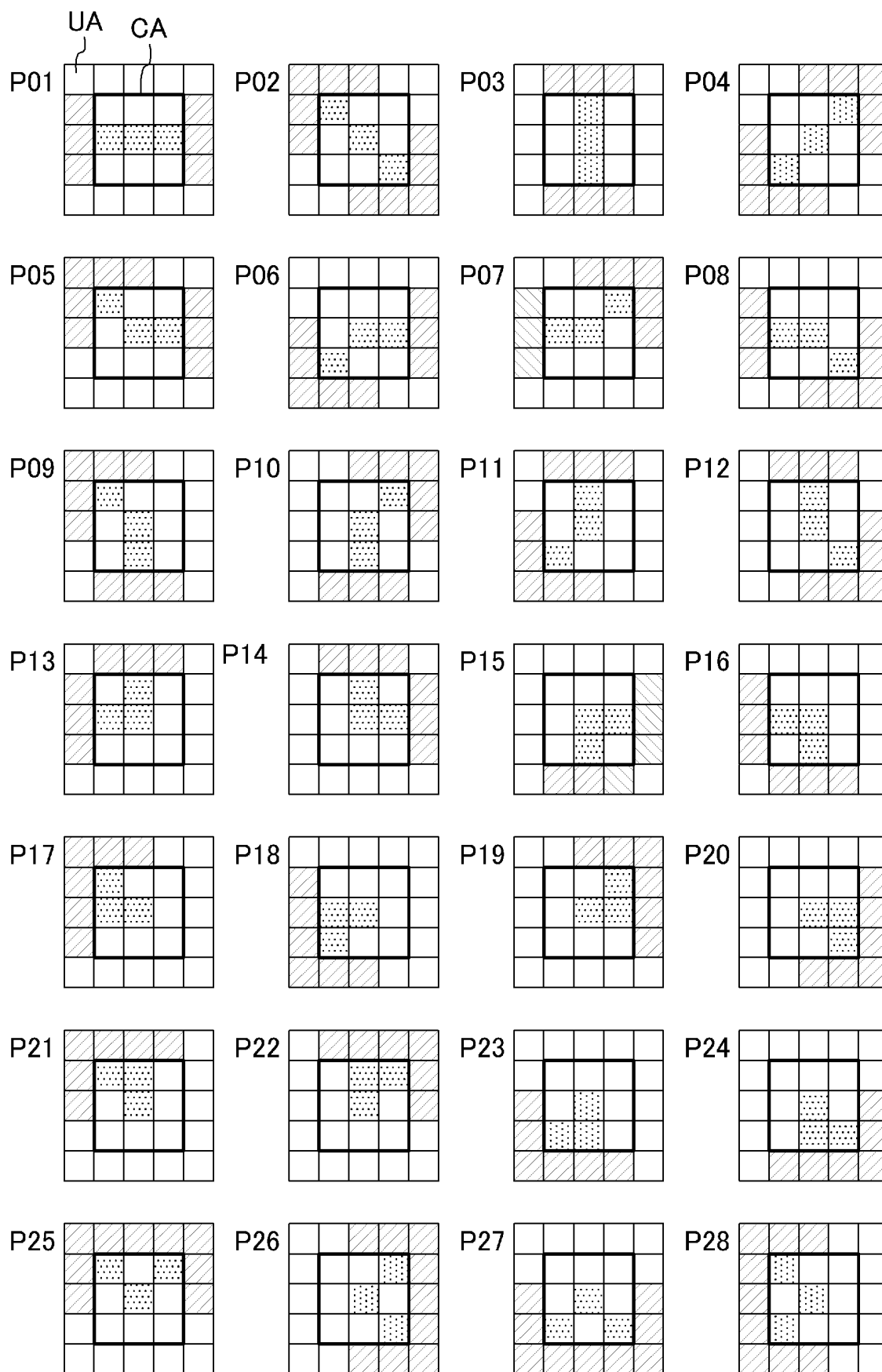




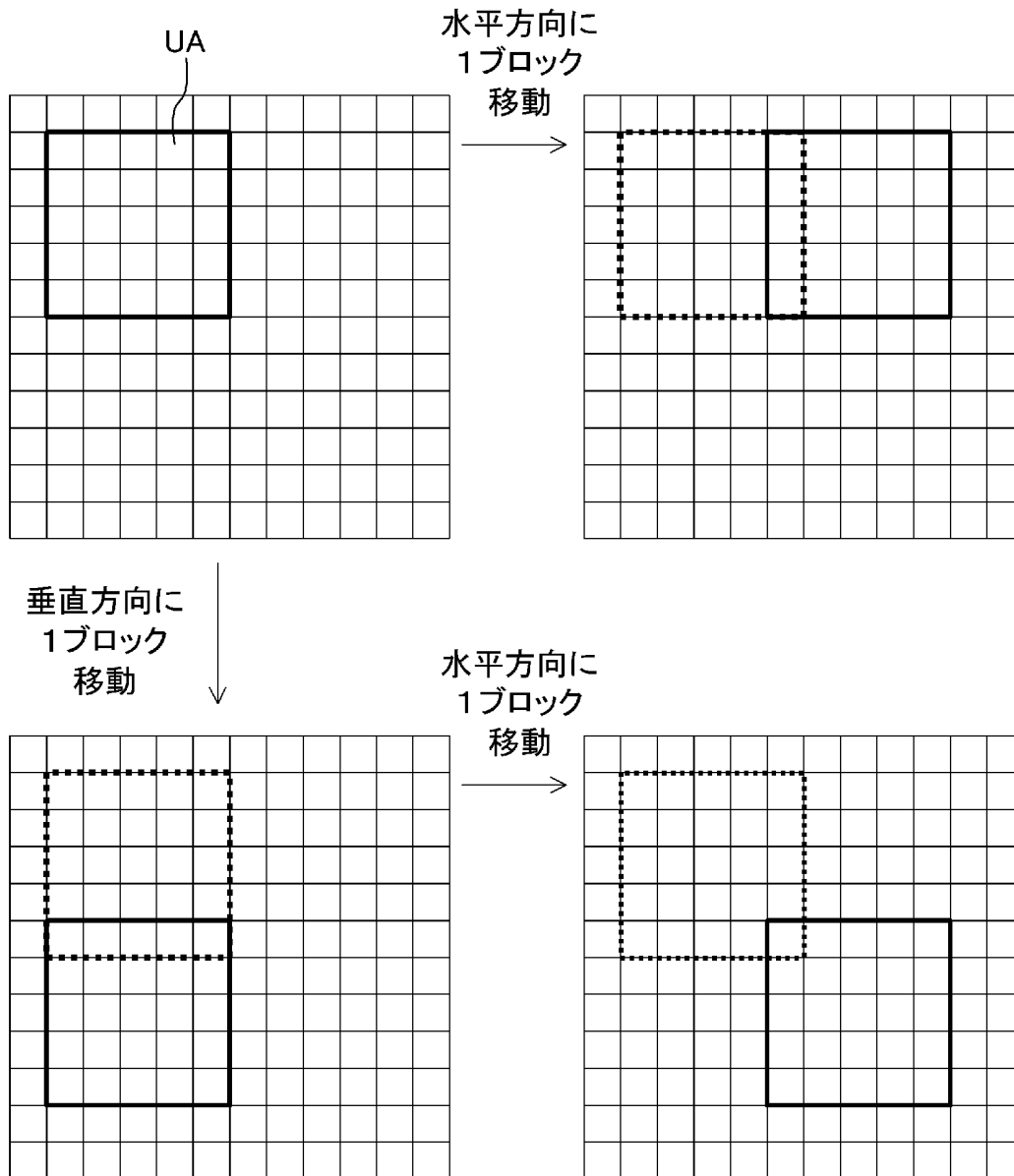
[図6]



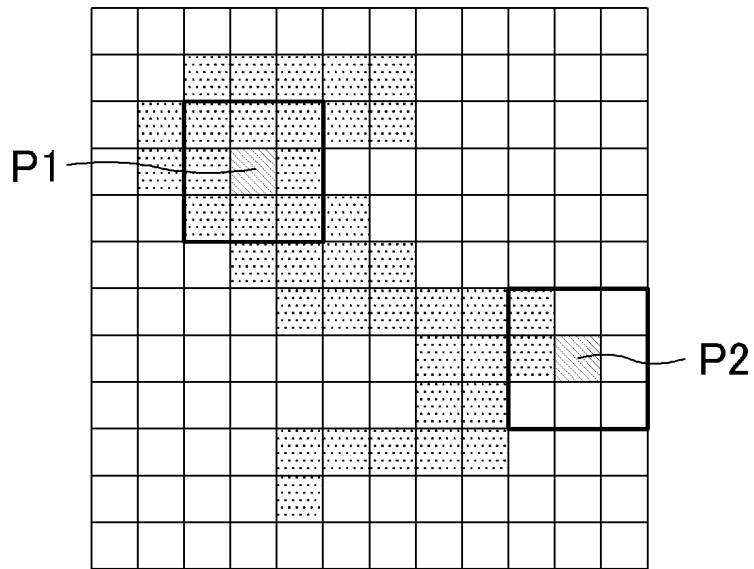
[図7]



[図8]

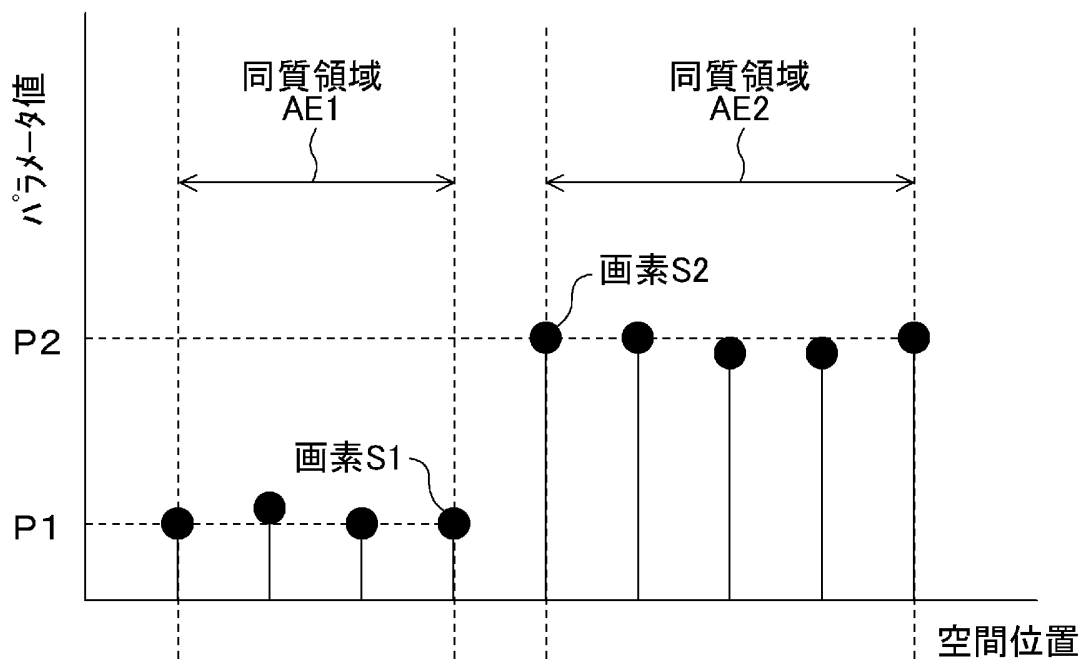


[図9]

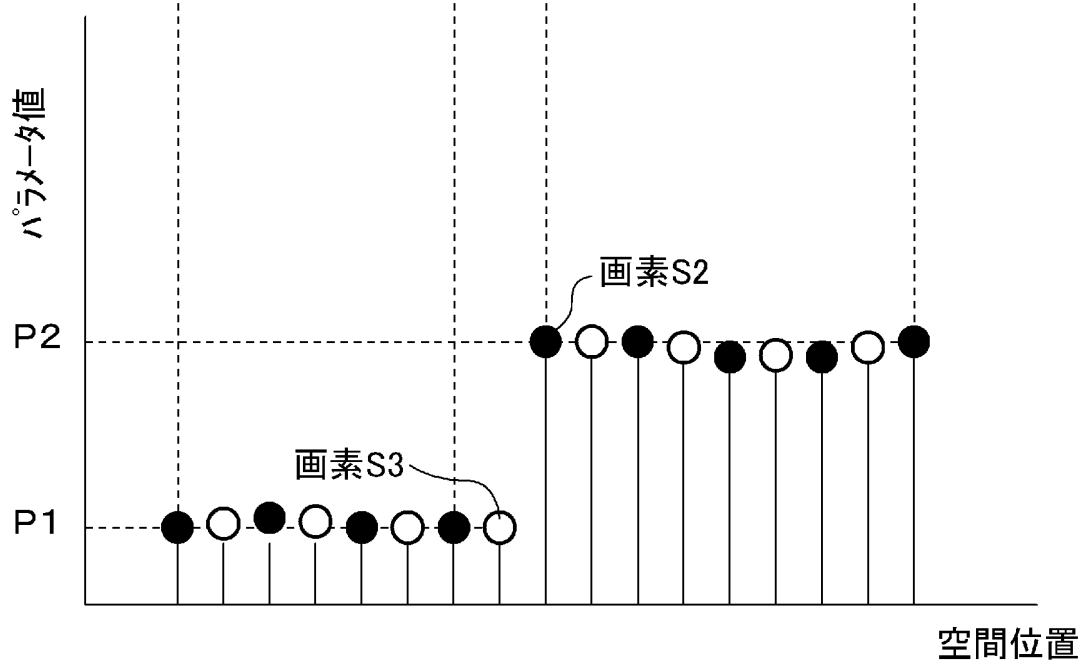


[図10]

(a) 変更前

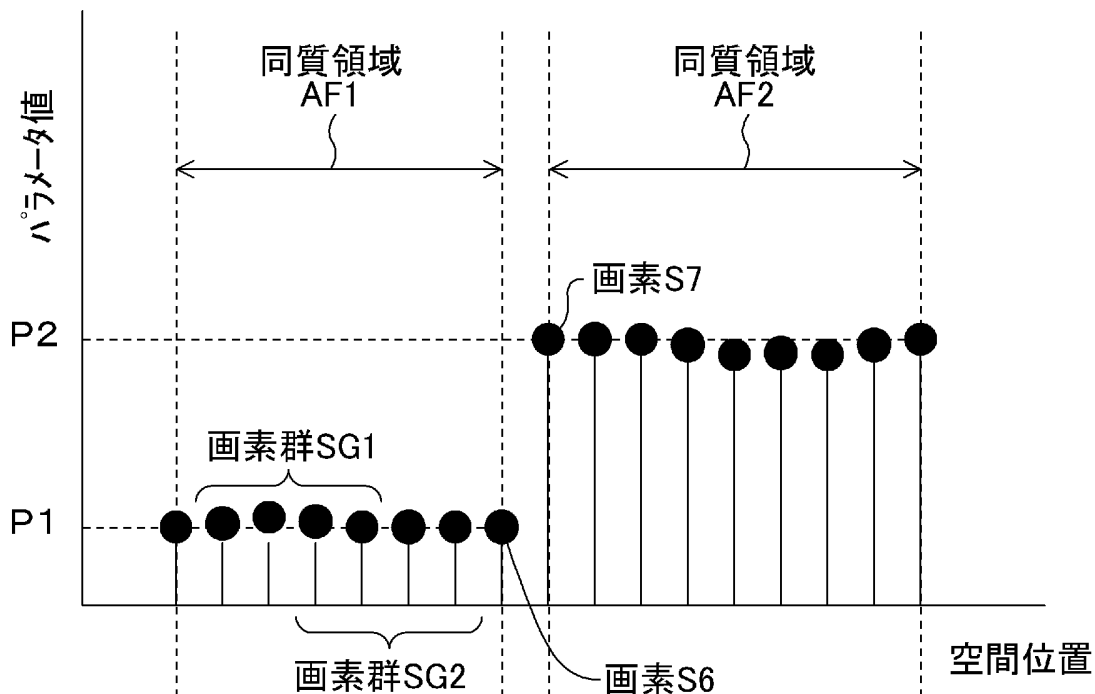


(b) 変更後

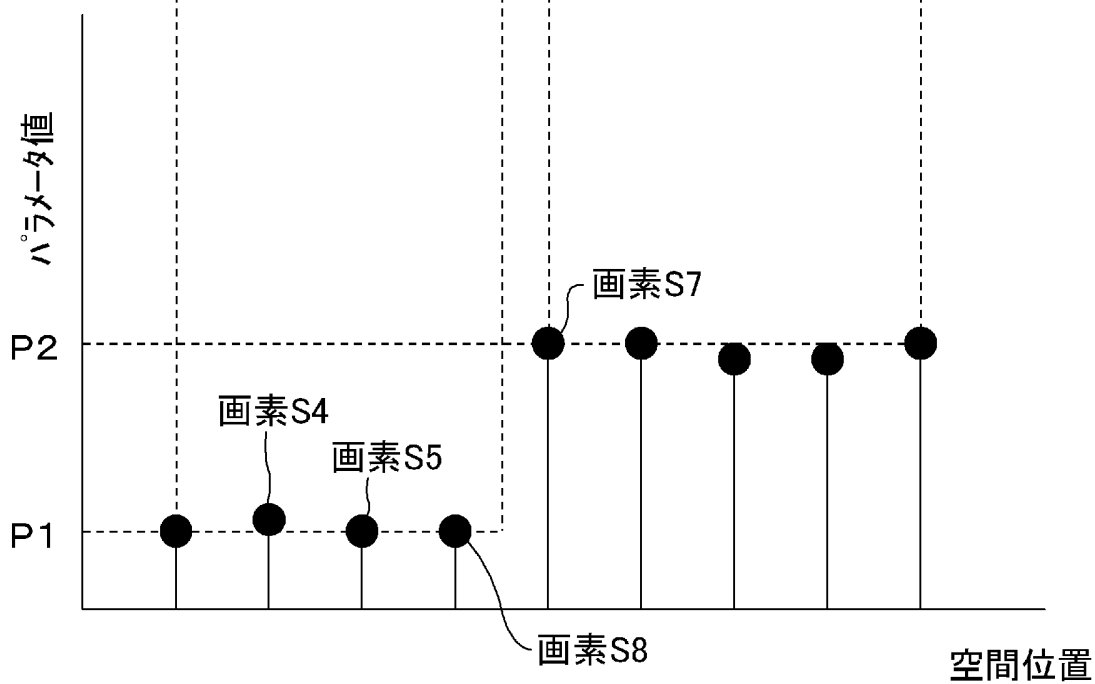


[図11]

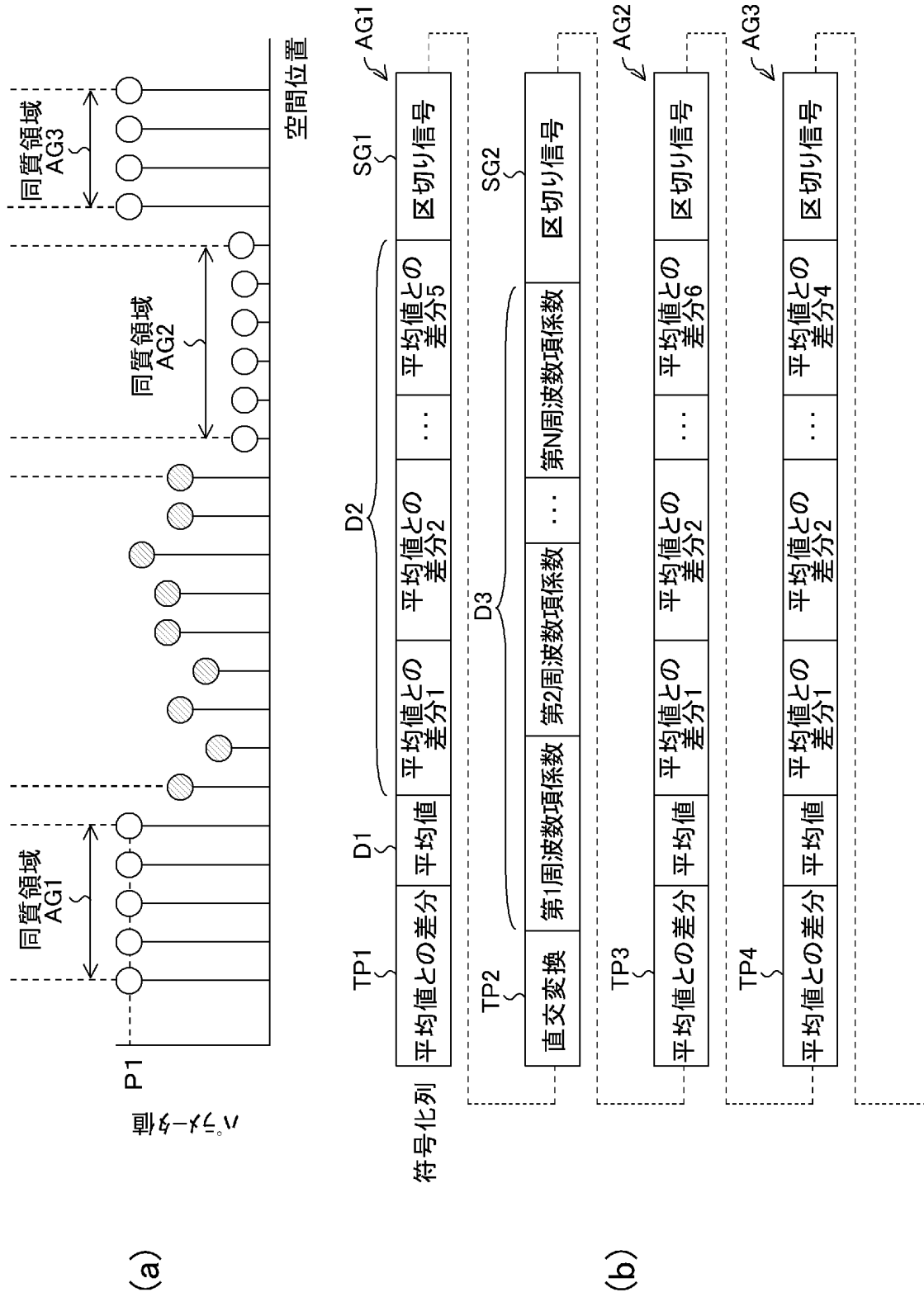
(a) 変更前



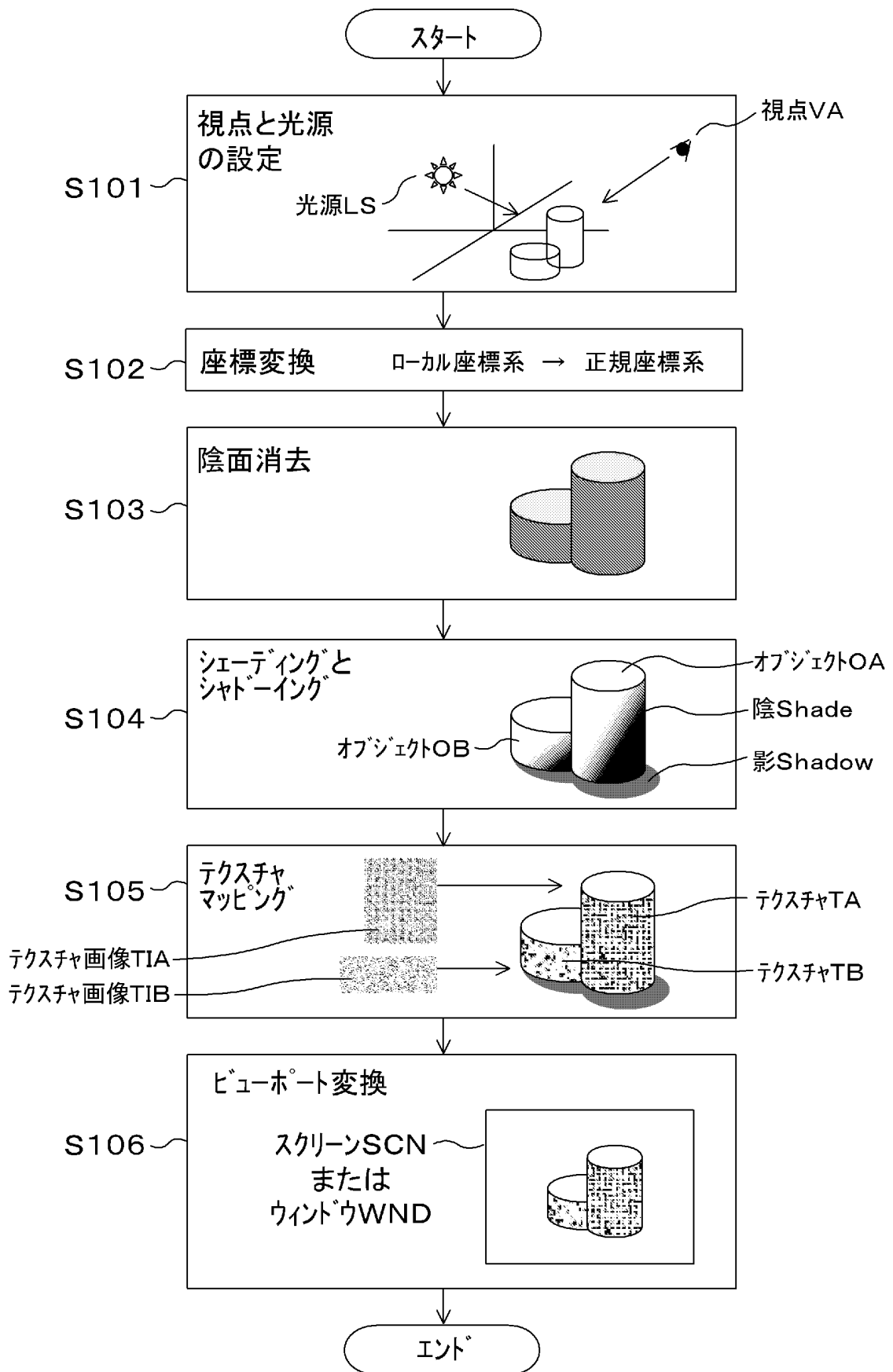
(b) 変更後



[図12]

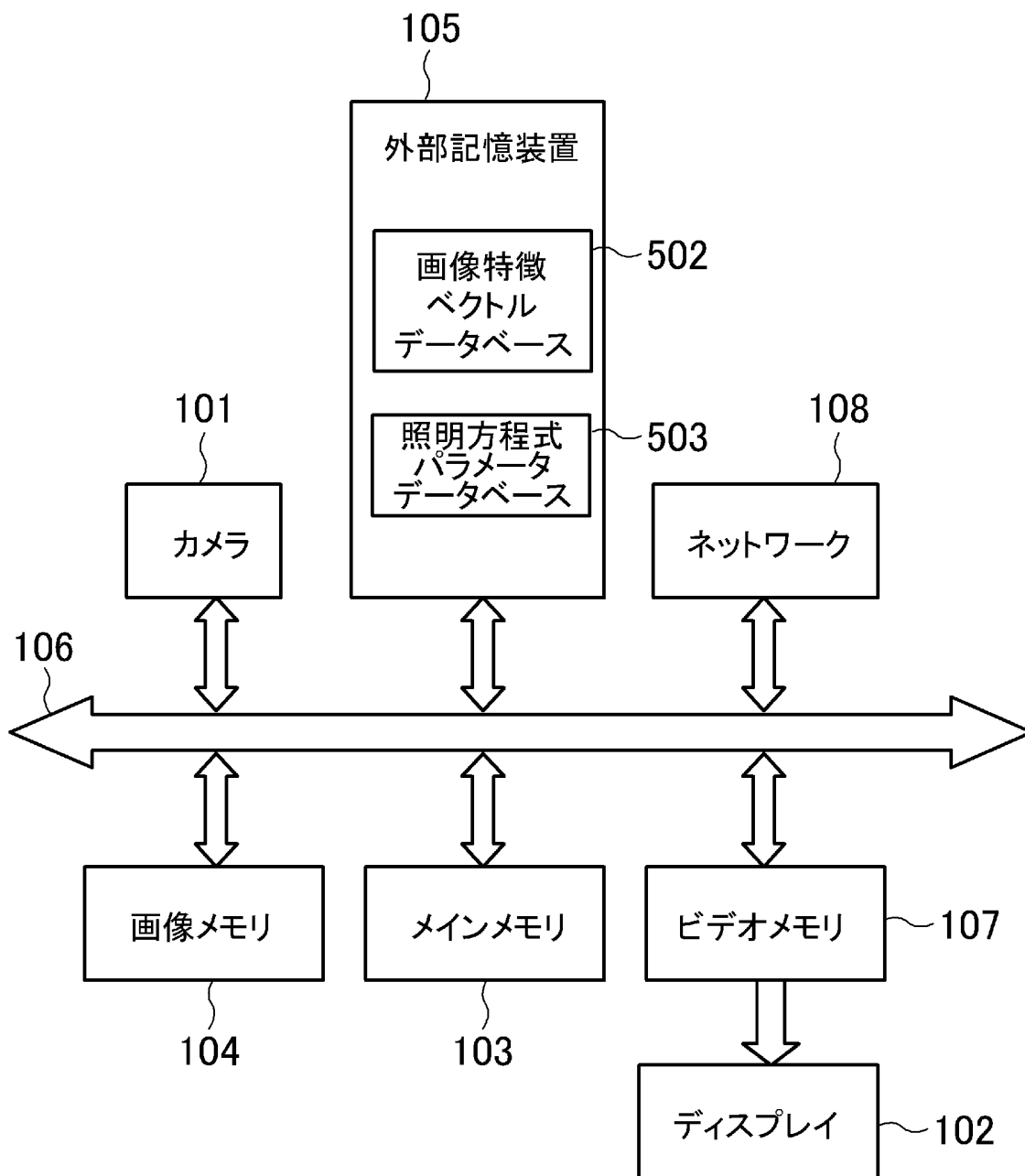


[図13]

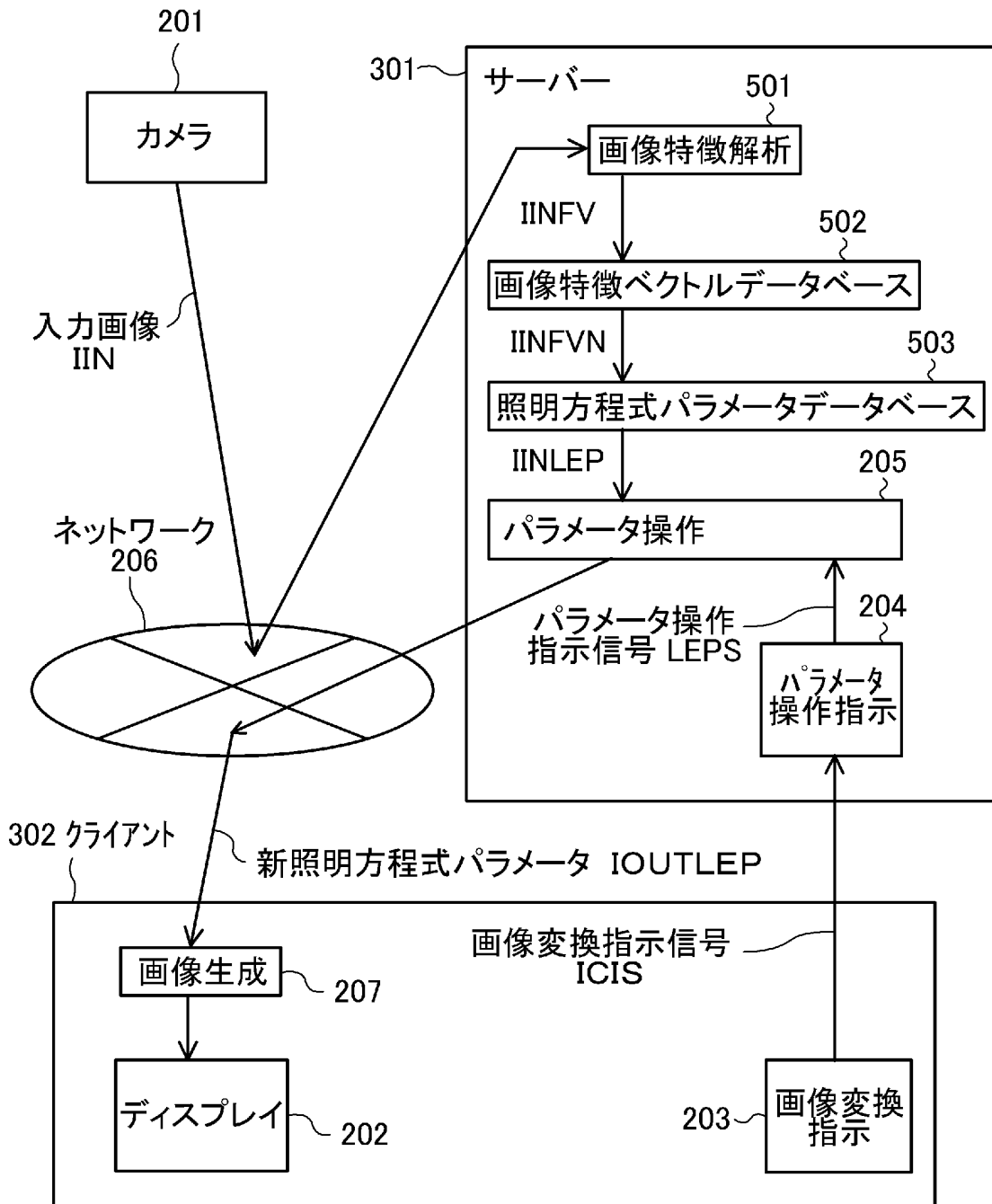




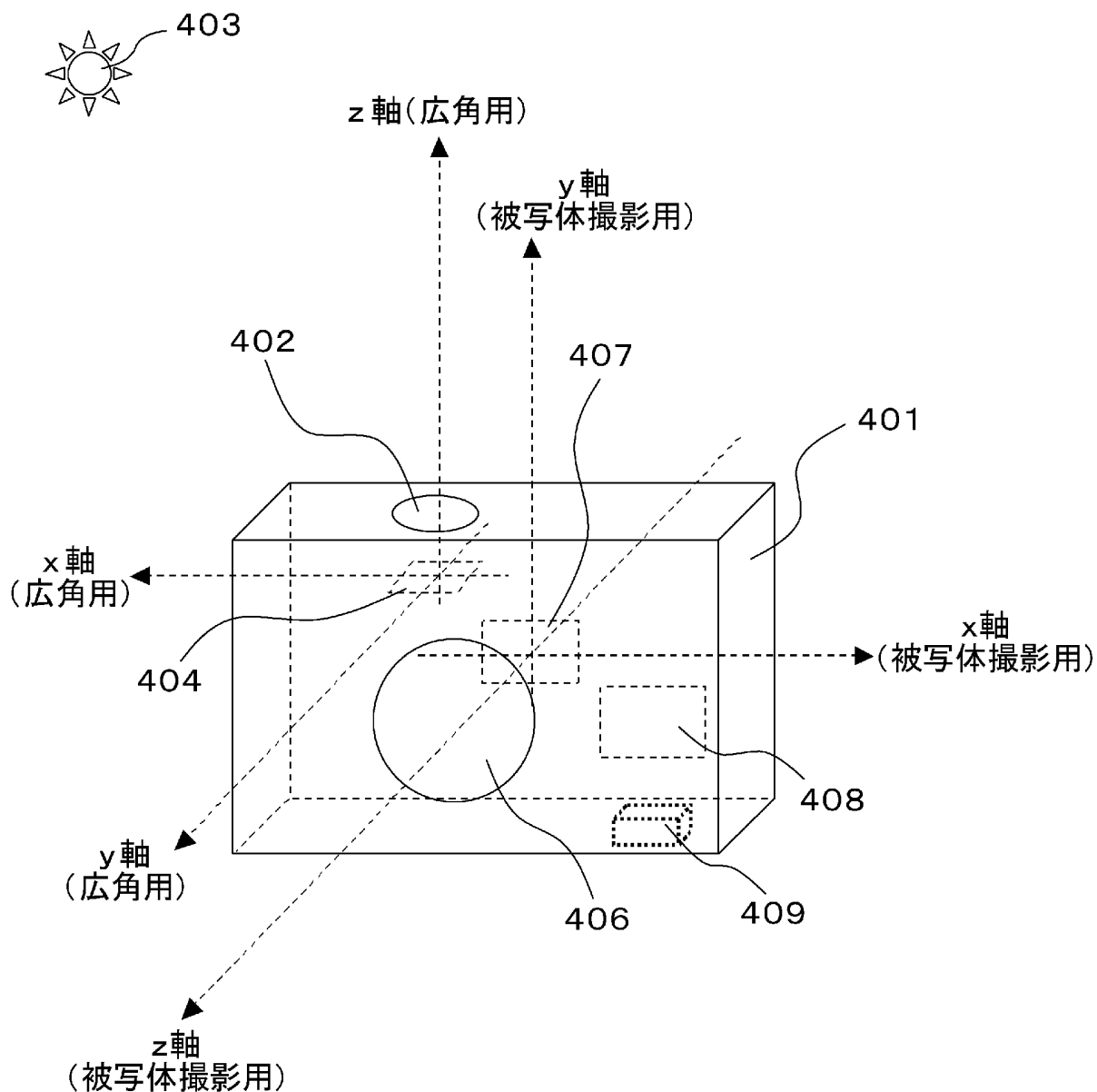
[図14]



[図15]

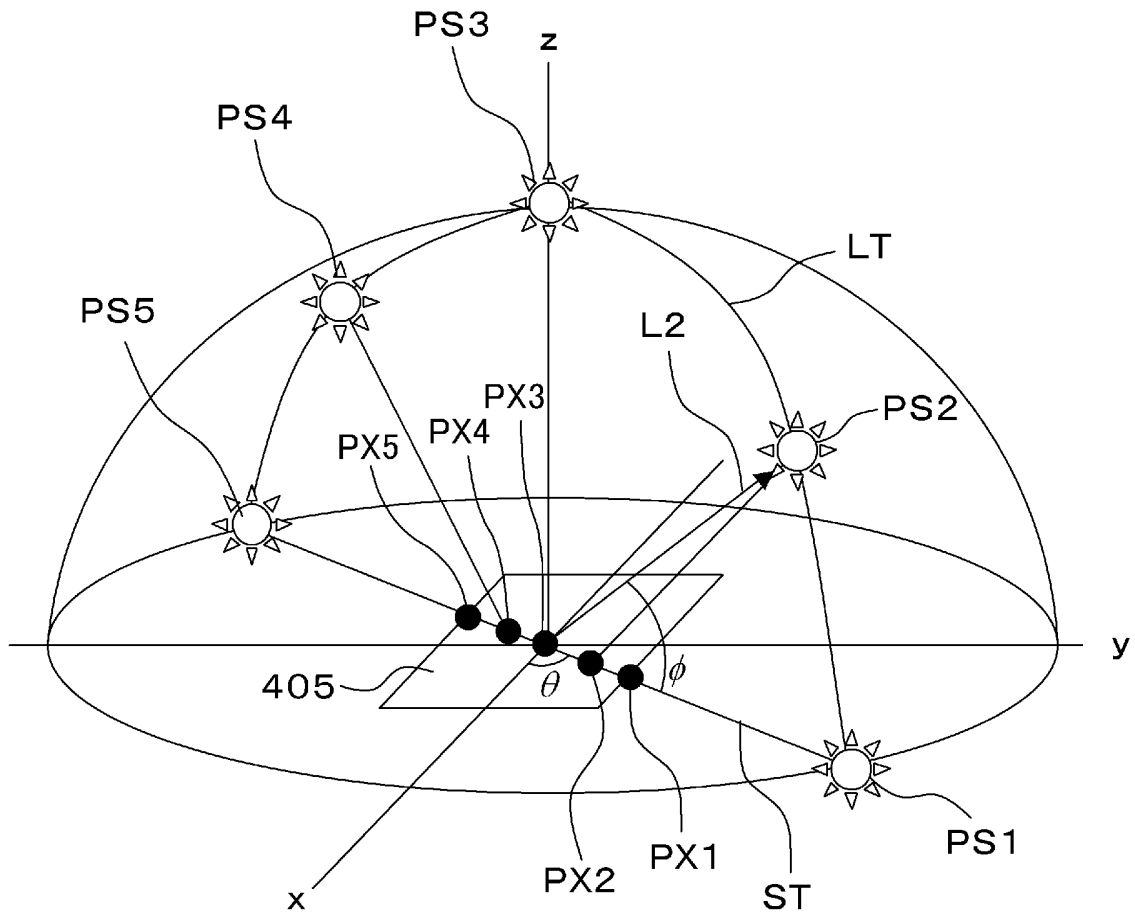


[図16]

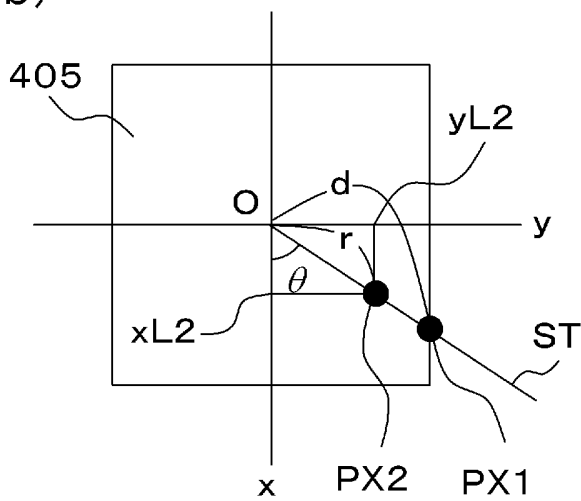


[図17]

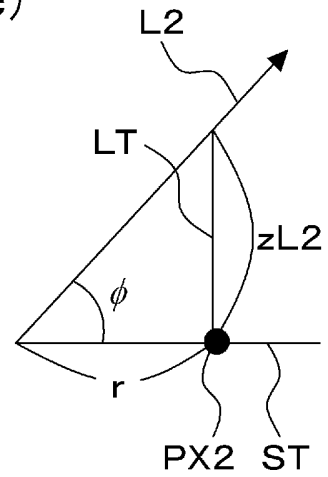
(a)



(b)

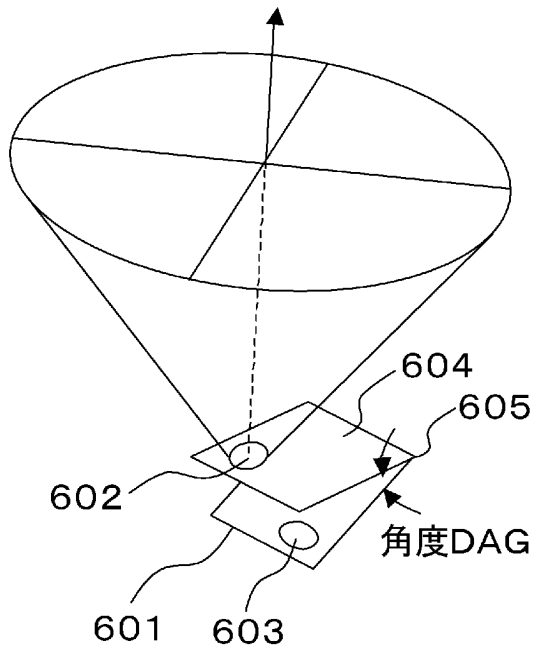


(c)

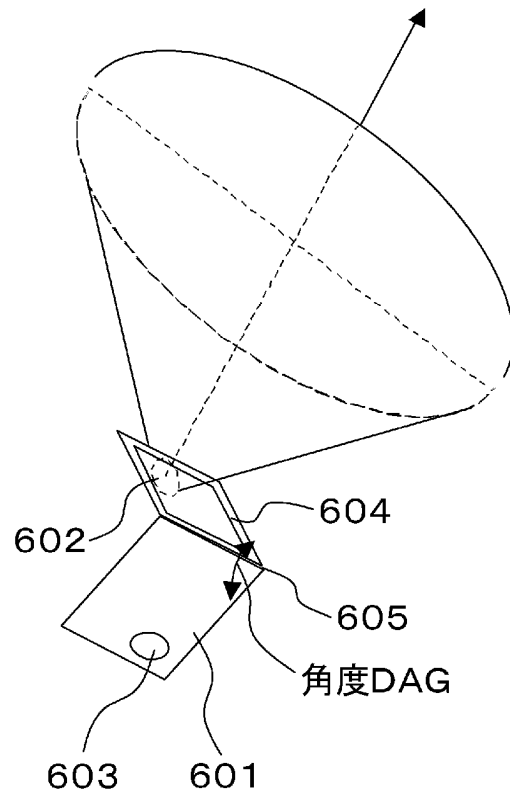


[図18]

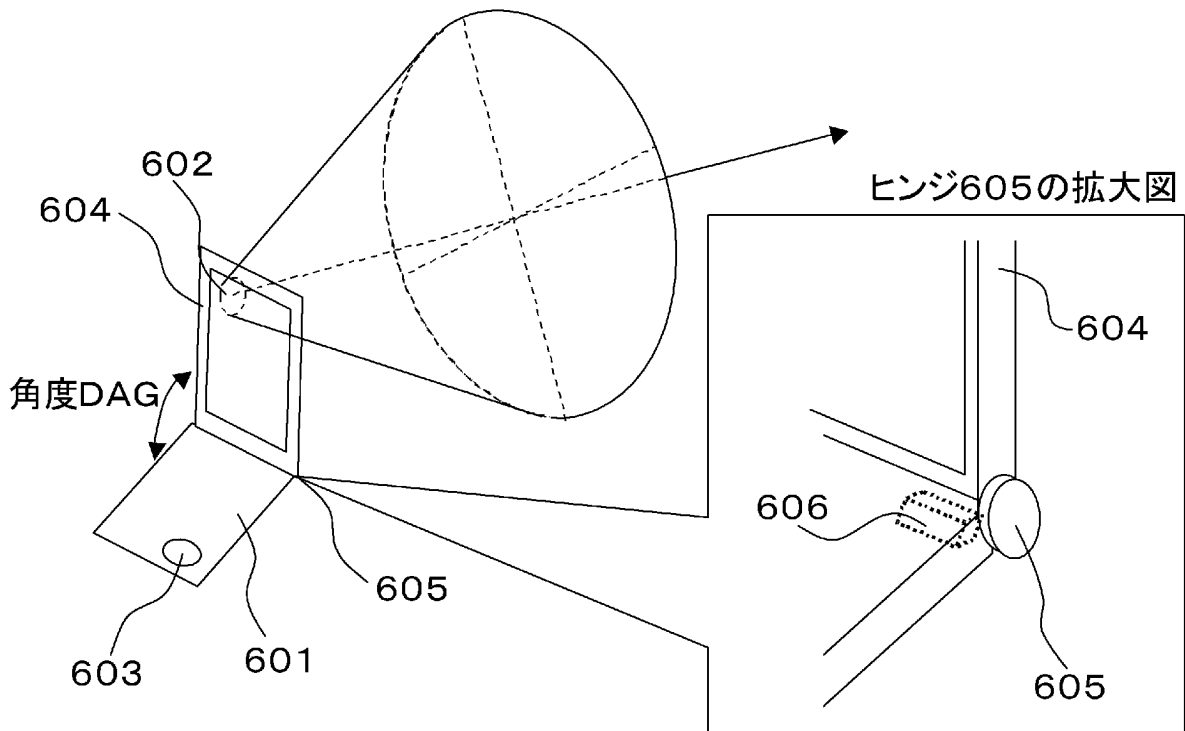
(a) 角度DAGが小さい場合



(b) 角度DAGが中間の大きさの場合



(c) 角度DAGが大きい場合



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2005/021687

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

G06T3/40 (2006.01), G06T5/00 (2006.01), G06T15/50 (2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
G06T3/40, G06T5/00, G06T15/50

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

|                           |           |                            |           |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho       | 1922-1996 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2006 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2006 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2006 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| Y         | JP 2000-57378 A (Sony Corp.),<br>25 February, 2000 (25.02.00),<br>Par. Nos. [0021], [0025]; Fig. 11<br>& US 6556195 B1 & EP 1008957 A1<br>& WO 1999/063488 A1 | 1-12                  |
| Y         | JP 2003-216973 A (Canon Inc.),<br>31 July, 2003 (31.07.03),<br>Par. Nos. [0022], [0024], [0039] to [0042]<br>& US 2003/0107568 A1                             | 1-12                  |
| Y         | JP 9-44654 A (Sony Corp.),<br>14 February, 1997 (14.02.97),<br>Par. Nos. [0002] to [0004]<br>& US 5848181 A   | 5, 6                  |

Further documents are listed in the continuation of Box C.  See patent family annex.

|   |  |
|---|--|
| * Special categories of cited documents:  | "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  |
| "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  | "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone   |
| "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date   | "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art |
| "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) | "&" document member of the same patent family  |
| "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  |  |
| "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed  |  |

Date of the actual completion of the international search  
10 January, 2006 (10.01.06)

Date of mailing of the international search report  
24 January, 2006 (24.01.06)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2005/021687

| C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT |   |                       |
|---|---|-----------------------|
| Category*   | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                      | Relevant to claim No. |
| Y   | JP 2000-137833 A (Mitsubishi Materials Corp.),<br>16 May, 2000 (16.05.00),<br>Full text; all drawings<br>(Family: none) | 10                    |
| A   | JP 7-37105 A (Hitachi, Ltd.),<br>07 February, 1995 (07.02.95),<br>Full text; all drawings<br>(Family: none)             | 1-12                  |
| A   | JP 3-26181 A (Sony Corp.),<br>04 February, 1991 (04.02.91),<br>Full text; all drawings<br>(Family: none)                | 1-12                  |

|  |  |  |           |
|--|--|--|-----------|
| A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))<br>Int.Cl. G06T3/40 (2006.01), G06T5/00 (2006.01), G06T15/50 (2006.01)   |  |  |           |
| B. 調査を行った分野<br>調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))<br>Int.Cl. G06T3/40, G06T5/00, G06T15/50   |  |  |           |
| 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの<br>日本国実用新案公報 1922-1996年<br>日本国公開実用新案公報 1971-2006年<br>日本国実用新案登録公報 1996-2006年<br>日本国登録実用新案公報 1994-2006年   |  |  |           |
| 国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)  |  |  |           |
| C. 関連すると認められる文献  |  |  |           |
| 引用文献の<br>カテゴリー*  | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示  | 関連する<br>請求の範囲の番号   |           |
| Y  | JP 2000-57378 A (ソニー株式会社) 2000.02.25, 段落【0021】, 段落【0025】, 第 11 図 & US 6556195 B1 & EP 1008957 A1 & WO 1999/063488 A1 | 1-12   |           |
| Y  | JP 2003-216973 A (キャノン株式会社) 2003.07.31, 段落【0022】, 段落【0024】, 段落【0039】乃至【0042】 & US 2003/0107568 A1                    | 1-12   |           |
| Y  | JP 9-44654 A (ソニー株式会社) 1997.02.14, 段落【0002】乃至【0004】 & US 5848181 A   | 5,6  |           |
| <input checked="" type="checkbox"/> C 欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。   |  |  |           |
| * 引用文献のカテゴリー<br>「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの<br>「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの<br>「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)<br>「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献<br>「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願 |  | の日の後に公表された文献<br>「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの<br>「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの<br>「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの<br>「&」同一パテントファミリー文献 |           |
| 国際調査を完了した日<br>10.01.2006   |  | 国際調査報告の発送日<br>24.01.2006   |           |
| 国際調査機関の名称及びあて先<br>日本国特許庁 (ISA/JP)<br>郵便番号 100-8915<br>東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号  |  | 特許庁審査官 (権限のある職員)<br>伊知地 和之   | 5H   9291 |
|  |  | 電話番号 03-3581-1101 内線 3531  |           |



| C (続き) . 関連すると認められる文献 |  |                  |
|-----------------------|--|------------------|
| 引用文献の<br>カテゴリー*       | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                              | 関連する<br>請求の範囲の番号 |
| Y                     | JP 2000-137833 A (三菱マテリアル株式会社) 2000.05.16, 全文, 全図<br>(ファミリーなし) | 10               |
| A                     | JP 7-37105 A (株式会社日立製作所) 1995.02.07, 全文, 全図<br>(ファミリーなし)       | 1-12             |
| A                     | JP 3-26181 A (ソニー株式会社) 1991.02.04, 全文, 全図 (ファミリーなし)            | 1-12             |