

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5510175号  
(P5510175)

(45) 発行日 平成26年6月4日(2014.6.4)

(24) 登録日 平成26年4月4日(2014.4.4)

(51) Int.Cl.

G06T 1/00 (2006.01)  
G01B 11/26 (2006.01)

F 1

G06T 1/00 315  
G01B 11/26 H

請求項の数 6 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2010-180995 (P2010-180995)  
 (22) 出願日 平成22年8月12日 (2010.8.12)  
 (65) 公開番号 特開2012-43004 (P2012-43004A)  
 (43) 公開日 平成24年3月1日 (2012.3.1)  
 審査請求日 平成25年8月9日 (2013.8.9)

(73) 特許権者 000001443  
 カシオ計算機株式会社  
 東京都渋谷区本町1丁目6番2号  
 (74) 代理人 100095407  
 弁理士 木村 满  
 (72) 発明者 中村 善亮  
 東京都羽村市栄町3丁目2番1号 カシオ  
 計算機株式会社 羽村技術センター内

審査官 片岡 利延

(56) 参考文献 特開2000-235657 (JP, A)  
 特開平04-115112 (JP, A)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】光源方向特定装置及び光源方向特定プログラム

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

両端開口の孔を有し、光源から出射された光が一端の開口から前記孔の内部に入射し、入射した光によって、前記孔の内壁における、前記一端の開口の周囲が照らされる光導入部と、

前記光導入部の他端の開口側に配置され、前記光導入部の前記一端の開口及び前記一端の開口に繋がる前記内壁を撮像する撮像装置と、

前記撮像装置が撮像した第1の画像に基づいて、前記第1の画像の中の前記内壁における所定の基準以上の明るさを有する明領域を特定し、特定した前記明領域に基づいて前記光源の方向を特定する光源方向特定部と、

を備え、

前記光源方向特定部は、前記明領域における、前記一端の開口の中心から最も離れた位置にある点を特定し、特定した前記点の位置に基づいて前記光源の方向を特定することを特徴とする光源方向特定装置。

## 【請求項 2】

前記光源方向特定部は、前記第1の画像に基づいて、前記明領域内を照らす光の照度及び/又は色を特定する、

ことを特徴とする請求項1に記載の光源方向特定装置。

## 【請求項 3】

前記光源方向特定部は、前記第1の画像に基づいて、前記明領域外を照らす光の照度及

び／又は色を特定する、

ことを特徴とする請求項1に記載の光源方向特定装置。

【請求項4】

前記光源方向特定部は、

前記第1の画像に基づいて、前記明領域内を照らす光の照度を特定し、

前記第1の画像に基づいて、前記明領域外を照らす光の照度を特定し、

特定した前記明領域内外の光の照度に基づいて、直接光源と間接光源との照度の比を特定する、

ことを特徴とする請求項1に記載の光源方向特定装置。

【請求項5】

10

第2の画像を取得し、前記光源特定部によって特定された、少なくとも前記光源の方向に応じて陰影及び／又は光沢を、取得した前記第2の画像に付加する画像処理を行う光学処理部、

を更に備えること特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の光源方向特定装置

。

【請求項6】

両端開口の孔を有し、光源から出射された光が一端の開口から前記孔の内部に入射し、入射した光によって、前記孔の内壁における、前記一端の開口の周囲が照らされる光導入部と、

前記光導入部の他端の開口側に配置され、前記光導入部の前記一端の開口及び前記一端の開口に繋がる前記内壁を撮像する撮像装置と、を備える装置を制御するコンピュータに、

前記撮像装置が撮像した第1の画像に基づいて、前記第1の画像の中の前記内壁における所定の基準以上の明るさを有する明領域を特定し、特定した前記明領域に基づいて前記光源の方向を特定する光源方向特定ステップ、

を行なわせ、

前記光源方向特定ステップは、前記明領域における、前記一端の開口の中心から最も離れた位置にある点を特定し、特定した前記点の位置に基づいて前記光源の方向を特定することを特徴とする光源方向特定プログラム。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】

【0001】

本発明は、光源の方向を特定する光源方向特定装置及び光源方向特定プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

例えば、光源の位置に応じて画像に陰影等を付加するために、光源の位置を推定する技術が求められている。光源の位置を推定する技術として、例えば、特許文献1に、照明空間内に配置された光源の位置を推定する光源位置推定装置において、光源と、キャリブレーションパターン及び立体物から成る校正器具とにより構成された照明空間の画像を入力し、照明空間画像に含まれるカメラキャリブレーションパターン画像からカメラパラメータを算出するカメラパラメータ算出手段と、このカメラパラメータを用いて、立体物の影における2次元の画像座標から3次元の世界座標を算出する影座標算出手段と、立体物の世界座標及びその影の世界座標に基づいて、光源の世界座標を推定する光源位置推定手段とを備える光源位置推定装置が開示されている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2008-107087号公報

【発明の概要】

50

**【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

しかしながら、特許文献1に開示された光源位置推定装置においては、光源から出射される光が当たる位置に、複数の立体物から成る構成器具が配置されていなければならず、光源の方向を特定する装置としての構成に制約があった。

**【0005】**

本発明は、かかる問題点に鑑みてなされたものであり、少ない構成部品で光源の方向を特定することを目的とする。

**【課題を解決するための手段】****【0006】**

10

上記の課題を解決するために、本発明の第1の観点に係る光源方向特定装置は、

両端開口の孔を有し、光源から出射された光が一端の開口から前記孔の内部に入射し、入射した光によって、前記孔の内壁における、前記一端の開口の周囲が照らされる光導入部と、

前記光導入部の他端の開口側に配置され、前記光導入部の前記一端の開口及び前記一端の開口に繋がる前記内壁を撮像する撮像装置と、

前記撮像装置が撮像した第1の画像に基づいて、前記第1の画像の中の前記内壁における所定の基準以上の明るさを有する明領域を特定し、特定した前記明領域に基づいて前記光源の方向を特定する光源方向特定部と、

を備え、

20

前記光源方向特定部は、前記明領域における、前記一端の開口の中心から最も離れた位置にある点を特定し、特定した前記点の位置に基づいて前記光源の方向を特定する。

**【0007】**

また、本発明の第2の観点に係る光源方向特定プログラムは、

両端開口の孔を有し、光源から出射された光が一端の開口から前記孔の内部に入射し、入射した光によって、前記孔の内壁における、前記一端の開口の周囲が照らされる光導入部と、

前記光導入部の他端の開口側に配置され、前記光導入部の前記一端の開口及び前記一端の開口に繋がる前記内壁を撮像する撮像装置と、を備える装置を制御するコンピュータに、

30

前記撮像装置が撮像した第1の画像に基づいて、前記第1の画像の中の前記内壁における所定の基準以上の明るさを有する明領域を特定し、特定した前記明領域に基づいて前記光源の方向を特定する光源方向特定ステップ、

を行なわせ、

前記光源方向特定ステップは、前記明領域における、前記一端の開口の中心から最も離れた位置にある点を特定し、特定した前記点の位置に基づいて前記光源の方向を特定する。

**【発明の効果】****【0008】**

本発明によれば、少ない構成部品で光源の方向を特定することができる。

40

**【図面の簡単な説明】****【0009】**

【図1】本発明の一実施形態に係るデジタルフォトフレームを示す斜視図である。

【図2】図1のデジタルフォトフレームにおける、撮像装置とレンズフードとを説明するための概略断面図である。

【図3】デジタルフォトフレームの構成を説明するための図である。

【図4】デジタルフォトフレームのハードウェア構成を説明するための図である。

【図5】(A)及び(B)は、図2における、撮像装置とレンズフードとを示す模式図である。

【図6】(A)は、レンズフードの軸線に対して角度1を成すように配置された光源の

50

光出射状態を示す模式図である。(B)は、(A)に示された状態時に、撮像装置によって撮像された画像を示す模式図である。(C)は、レンズフードの軸線に対して角度2を成すように配置された光源の光出射状態を示す模式図である。(D)は、(C)に示された状態時に、撮像装置によって撮像された画像を示す模式図である。

【図7】(A)は、図6(B)に示された画像を2値化した画像を示す図である。(B)は、図6(D)に示された画像を2値化した画像を示す図である。

【図8】光源が方位角1の位置にある状態を説明するための模式図である。

【図9】(A)は、方位角2を成して配置された、光源と、撮像装置と、レンズフードとの関係を示す模式図である。(B)は、(A)に示された状態時に、撮像装置によって撮像された画像を示す模式図である。(C)は、(B)に示された画像を2値化した画像を示す図である。10

【図10】撮像装置によって撮像された画像を示す模式図である。

【図11】デジタルフォトフレームが行う光源方向特定処理を説明するためのフローチャートである。

#### 【発明を実施するための形態】

##### 【0010】

以下、本発明の一実施形態について添付の図面を参照して具体的に説明する。

##### 【0011】

本実施形態に係るデジタルフォトフレーム(光源方向特定装置)10は、デジタルフォトフレーム10を照らす光源の方向等を特定し、特定した光源の方向等に応じて、モニタ20に表示する絵画調画像に陰影等(例えば、陰影及び光沢。陰影だけでもよい。)を付加する機能を備えるものとして以下に説明する。20

##### 【0012】

本実施形態に係るデジタルフォトフレーム10は、図1及び図2に示すように、筐体100と、筐体100の表面100a側に露出するように、筐体100に組み込まれたモニタ(表示部)20と、モニタ20の上方の位置で筐体100に組み込まれた撮像装置30と、を備える。

##### 【0013】

撮像装置30は、筐体100のモニタ20上方に形成された孔100b内に配置される。詳しくは後述するが、撮像装置30は、光源の方向等を特定する基礎となる画像を撮像するものである。撮像装置30の撮像方向は、筐体100の表面100a側に向いている(図2参照)。30

##### 【0014】

また、筐体100の孔100b内には、その内壁328が撮像装置30から筐体100の表面100aに延びる両端開口の孔を有するレンズフード32(光導入部)が配置されている。本実施形態では、レンズフード32は、合成樹脂製等の円筒体によって構成されている。円筒体の内壁が前記の孔の内壁328を構成する。このレンズフード32の内壁328の色は、後述する処理において光源が発光する色を特定しやすくするために白色とすることが望ましい。レンズフード32の一端側の開口324は筐体100の表面100aに達し、他端側の開口326は撮像装置30のレンズを囲む。レンズフード32は、孔100b内に嵌め込まれることによって、筐体100に配設される。40

##### 【0015】

また、デジタルフォトフレーム10は、図3のように、絵画調変換部52と、光源方向特定部62と、光学処理部60と、を更に備える。なお、下記における説明で特に言及はしないが、各部が行う処理において、画像データのデータ形式は適宜変更(圧縮、伸長等)されるものとする。

##### 【0016】

光源方向特定部62は、撮像装置30を制御し、撮像装置30に撮像を行わせ、撮像装置30が撮像した撮像画像を表す撮像画像データ(例えば、YUV(輝度色差)データ形式の画像データ)を取得する。光源方向特定部62は、取得した撮像画像データに基づい50

て、光源の方向等のデータを生成する。このようにして、光源方向特定部 62 は、撮像画像を取得し、取得した撮像画像に基づいて光源の方向等を特定する。

#### 【0017】

絵画調変換部 52 は、後述の原画像を表す原画像データを取得し、取得した原画像データに対して、公知の画像変換処理を行い、前記原画像を絵画調（例えば、油絵風）に変換した絵画調変換画像を表す絵画調画像データを生成する。なお、ここでの絵画調画像データは、この画像の表面の凹凸形状（例えば、油絵の凹凸形状）等のデータである三次元データも含まれる（なお、この三次元データは、原画像データの原画像に対応させて、予め用意されたものであってもよい。）。このようにして、原画像が絵画調画像に変換される。

10

#### 【0018】

光学処理部 60 は、光源方向特定部 62 が生成した光源情報（光源の方向及び光源から出射される光の照度等についての情報）を取得するとともに、絵画調変換部 52 が生成した絵画調変換画像データを取得する。そして、取得したこれらデータ（特に、三次元データ）に基づいて、所定の公知の処理を行って、前記絵画調画像に陰影等を付加した陰影付き絵画調画像を表す陰影付き絵画調画像データを生成する。このようにして、光学処理部 60 は、光源方向特定部 62 が特定した光源方向の位置等に基づいて、絵画調変換部が変換した絵画調画像に陰影等を付加する。

#### 【0019】

光学処理部 60 は、前記で生成した陰影付き絵画調画像データをモニタ 20 に供給する。モニタ 20 は、光学処理部 60 から供給された陰影付き絵画調画像データに基づいて、所定の動作をして、陰影付き絵画調画像データが表す陰影付き画像を表示する。このようにして、光学処理部 60 は、陰影付き絵画調画像データに基づいて、モニタ 20 に陰影付き画像を表示する。

20

#### 【0020】

デジタルフォトフレーム 10 は、図 4 に示すように、そのハードウェア構成として、C P U (Central Processing Unit) 64 と、記憶部（格納部）66 と、撮像装置 30 と、モニタ 20 と、システムバス 70 と、を備える。C P U 64 等は、適宜、システムバス 70 に接続される。

#### 【0021】

記憶部 66 は、C P U 64 が使用するデータ、プログラム等、及び C P U 64 が生成したデータ等を記憶する。記憶部 66 は、C P U 64 のメインメモリとして機能する R A M (Random Access Memory) や、補助記憶装置として機能するフラッシュメモリ、ハードディスク等の 1 以上の必要な組み合わせによって構成される。また、記憶部 66 は、例えば、図示しない読み取り・書き込み装置（例えば、カードスロット）等を介してデジタルフォトフレーム 10 に接続された外部記憶媒体（例えば、メモリーカード）を含んでもよい。つまり、記憶部 66 は、その少なくとも一部がデジタルフォトフレーム 10 の構成要素でなくてよい。

30

#### 【0022】

C P U 64 は、記憶部 66 に記録されたプログラム（例えば、R A M に読み出される。）に従って、また、記憶部 66 に記録された各種のデータを用いて、デジタルフォトフレーム 10 の各構成要素を制御するとともに、後述の光源方向特定処理を行う。本実施形態では、絵画調変換部 52 と、光源方向特定部 62 と、光学処理部 60 とは、それぞれ、前記プログラムに従って後述の光源方向特定処理を行う C P U 64 によって構成される。絵画調変換部 52 と光源方向特定部 62 と光学処理部 60 とは、それぞれ、その少なくとも一部が各種専用回路によって構成されてもよい。

40

#### 【0023】

撮像装置 30 は、撮像によって得られる画像を表す撮像信号を出力する撮像素子（C C D (Charge Coupled Device) イメージセンサ、C M O S (Complementary Metal Oxide Semiconductor) イメージセンサ等と、撮像素子が出力した撮像信号に基づいて、所定の処

50

理を行い前記の撮像画像データを生成し、生成した撮像画像データを光源方向特定部 62 に供給する各種電子回路 (A F E (Analog Front End)、D S P (Digital Signal Processor) 等) と、から構成される。撮像装置 30 は、光源方向特定部 62 に制御され、撮像した撮像画像を表す撮像画像データを光源方向特定部 62 に供給する。なお、前記の D S P が行う処理等は光源方向特定部 62 が適宜行っても良い。この場合、光源方向特定部 62 には、A F E 等で生成されたデータが撮像装置 30 から供給され、供給されたデータに対して D S P と同様の処理を行って、前記の撮像画像データを生成することによって、このデータを取得する。

#### 【 0 0 2 4 】

次に、光源方向特定部 62 によって光源の方向等を特定するための考え方及び光源方向特定部 62 が行う処理等について説明する。 10

#### 【 0 0 2 5 】

例えば、現実の絵画（特に油絵）は、平面上に顔料等による凹凸を持つ 3 次元物体である。絵画に光が照射されることで、当然、凹凸に陰影等が発生する。つまり、デジタルフォトフレーム 10 に対する光源の方向等を考慮して、デジタルフォトフレーム 10 に表示する絵画調画像に陰影等を付加する（光学的整合性を備えさせる）ことによって、この絵画調画像をより現実の絵画のようにすることができます。

#### 【 0 0 2 6 】

ここで、陰影等を付加するときには、現実の絵画の如く、デジタルフォトフレーム 10 に対する全方向の光源を特定する必要はない。なぜなら、絵画（デジタルフォトフレーム 10）の裏面方向からの光源が絵画の表面の凹凸に形成される陰影等に与える影響は少なく、絵画の正面方向からの光源も、絵画の表面の凹凸に形成される陰影等に与える影響は少ないからである。 20

#### 【 0 0 2 7 】

ここで、本実施形態によって特定される光源 40（図 6 参照、光を出射する光源のうち、レンズフード 32 の内壁 328 を最も明るく照らす光を出射する光源）のデジタルフォトフレーム 10 に対する方向は、仰俯角 及び方位角 によって表されるものとする。ここでいう仰俯角 とは、レンズフード 32 の内壁 328（断面円形）の軸線 322（円形の中心を通る線）に対する光源 40 の光の出射方向に沿った線の傾き角であり（図 6 等を参照）、ここでいう方位角 とは、レンズフード 32 の一端側開口 324 から撮像装置 30 を見た場合の、基準線（例えば、開口 324 中心から上方に延びる線）に対する、開口 324 の中心と光源 40 とを結ぶ線分の傾き角である（図 9 等を参照）。 30

#### 【 0 0 2 8 】

本実施形態においては、前記の影響を考慮して、仰俯角 が 45° より大きく、90° よりも小さい範囲にある、光源 40 の方向の特定を行うものとする。本実施形態では、光源 40 の方向等を特定した後に、その特定された方向に応じて絵画調画像に、更に現実的な絵画のようにみせるために陰影等を付加する処理が行うが、現実の絵画における顔料の付着による凹凸の斜面角（絵画の面方向に対する傾斜角）は 45° を超えないものと想定する。このため、光源 40 の特定対象範囲を前記角度範囲に限定したのは、仰俯角 が 45° よりも小さい範囲であると、絵画の表面には陰影等は生じず、また、仰俯角 が 90° 以上の大さい範囲であると、絵画の表面に光は届かないで、陰影等を付加する必要がないためである。この範囲に位置する光源 40 を特定できるように、撮像装置 30 及びレンズフード 32 は構成される。なお、想定する凹凸の斜面角等を異ならせる場合、又は、撮像装置 30 及びレンズフード 32 の構成等によっては、当然、上記の仰俯角 の角度以外の角度の方向にある光源 40 を特定してもよい。そして、このような特定を行うために、適宜、撮像装置 30 及びレンズフード 32 の構成（形状等）を変更できる。 40

#### 【 0 0 2 9 】

撮像装置 30 は、画角 1（特に、仰俯角の画角）を有する。図 5 ( A ) に示すように、レンズフード 32 の内径を としたときに、レンズフード 32 の内壁 328 において、レンズフード 32 の一端側の開口 324（筐体 100 の表面 100a）から撮像装置 30 50

に向かう方向の長さが前記 となる位置が、画角 1 を構成する直線上に位置するように、撮像装置 30 及びレンズフード 32 は構成されている。また、図 5 (B) に示すように、撮像装置 30 がレンズフード 32 に遮られずに、レンズフード 32 の一端側の開口 324 を介して、外界を写すことができる最大の角度を外界視野角 2 とする。

#### 【0030】

レンズフード 32 の一端側の開口 324 から撮像装置 30 に向かう方向の長さが前記 となる位置が、画角 1 を構成する直線上に位置することで、仰俯角 が、例えば、45° 以上 10 の光源からの光は、内壁 328 における、画角 1 内の領域内に収まることになり、光源によって照らされる全領域が、撮像装置 30 によって撮像される。後述のように撮像画像が撮像した光源によって照らされる領域に基づいて、光源の方向は特定されるので、撮像画像に前記の全領域が写り込むことによって、光源の方向を特定出来ることになる。仰俯角 が、例えば、45° であるときが、撮像画像上で光源の方向を特定できる限界とすることが出来るので、上記の構成によって、撮像装置 30 と開口 324 とをぎりぎりまで近づけることができ、これによって、撮像画像における光源によって照らされる領域を大きくすることができ、光源の方向を特定する処理（例えば、後述の点 B の検出）を的確に行える。

#### 【0031】

次に、仰俯角 1, 2 の方向（説明の便宜上、方位角 = 0 であるものとする。）に光源 40 が配置されている状態を図 6 (A) 及び図 6 (C) に示す。これらの状態のときに、撮像装置 30 によって撮像された画像（第 1 の画像）90 (90a, 90b) を図 6 (B) 及び図 6 (D) に示す。また、図 6 (B), 図 6 (D) の中央に示された円内の画像は、外界視野角 2 の範囲内である外界画像 50 (撮像装置 30 から、レンズフード 32 の一端側の開口 324 を介して撮影された、レンズフード 32 の外の画像) である。外界画像 50 の外側に示されているのは、レンズフード 32 の内壁 328 が写り込んだフード画像領域 320 である。フード画像領域 320 において、光源 40 から出射された光が届かない部分は黒く写り、光源 40 から出射された光が届く部分（被照射部）は白く写っている。なお、図 6 (B), 図 6 (D) に示された撮像画像 90a, 90b においては、理解を容易にするために、後述する間接光源が無いものとしている。

#### 【0032】

図 6 (A), 図 6 (C) に示すように、レンズフード 32 の内壁 328 における直接光源 40 に照らされた部分において、レンズフード 32 の一端から、レンズフード 32 の軸線方向と平行な方向に沿って、直接光源 40 に照らされた部分の縁までの最大の長さを L (L1, L2) とすると、言うまでも無く仰俯角 (1, 2) は  $\tan^{-1} ( / L )$  となる。つまり、光源方向特定部 62 は、最大長さ L を求め、定数（既知の値）とともにこの式に代入して、仰俯角 を特定する。詳細については後述するが、長さ L の端点は、図 6 (B) 及び図 6 (D) に示す撮像画像 90a, 90b において、領域 R01 の縁のうち最も開口 324 の中心から最も離れた位置にある点に対応する。

#### 【0033】

次に、長さ L を実際に特定する方法について説明する。この長さ L は、撮像装置 30 が撮像した撮像画像 90 に基づいて、光源方向特定部 62 が処理を行うことによって特定される。まず、光源方向特定部 62 は、撮像装置 30 から撮像画像 90 を取得し、撮像画像 90 について、図 6 (B) 及び図 6 (D) に示された撮像画像 90a, 90b から外界画像 50 を除外し、画像処理対象をフード画像領域 320 に限定する。撮像画像 90 における外界画像 50 の範囲はレンズフード 32 の内径 等に応じて予め特定されるため、光源方向特定部 62 は、撮像画像 90 を表す画像データ上で、該当部分の数値データを削除することで、撮影画像 90 から外界画像 50 を容易に削除できる。

#### 【0034】

次に、光源方向特定部 62 は、図 7 (A) 及び図 7 (B) に示すように、撮像画像 90a, 90b を 2 値化する。このとき、光源方向特定部 62 は、撮像画像における各画素の輝度値（なお、以下において、画素データから検出される明るさの度合いについては輝度

10

20

30

40

50

と記載し、物体を照らす明るさの度合いについては照度と記載する)等の明るさの値(明るさ情報)についてのしきい値を用いて、具体的には、光源方向特定部62は、各画素について、輝度値等がしきい値以上の画素については白とし、輝度値等がしきい値未満の画素については黒として、撮像画像90a, 90bを2値化する。この2値化処理によって生成された2値化画像(モノクロ画像)92a, 92bでは、明領域R(R1, R2)が明確に他の領域と分けられる。ここで、明領域Rは、撮像画像90における領域R01, R02に相当する領域である。

#### 【0035】

この明領域Rは、輝度値がしきい値以上の画素の集合であり、実空間のレンズフード32の内壁328において、所定以上の明るさ(照度)をもつ部分を撮影した画像領域である。本実施形態では、前記の所定以上の明るさをもつ部分を直接光源40からの光で直接照らされた部分であるものとして扱い、この部分を撮像した画像領域である、明領域Rを直接光源40からの光で直接照らされた部分を撮像した画像領域であるものとして扱う。上記しきい値は、明領域Rをこのような領域として扱える数値として予め設定されるものとする。

#### 【0036】

次に、光源方向特定部62は、中心点Pから明領域Rの縁までの距離を所定の角度毎に求める。ここで、中心点Pは、開口324の中心であった位置と同一の位置にある。光源方向特定部62は、求められた距離のうち、最も長い距離である明領域Rの縁の点を点B(点B1, 点B2, 点B3)とし、画像上で、点Pを基準とした点Bの相対座標を検出する。ここで、光源40は、点Bと中心点Pとを通る直線上であり、中心点Pに対して点B側とは反対側に位置することとなる。

#### 【0037】

次に、光源方向特定部62は、検出された点Bから長さLを特定する。光源方向特定部62は、上記位置関係をもとにして、三角関数等を使用した式で、前記長さLを演算して長さLを特定してもよいが、撮像装置30のレンズの歪等による精度への影響を考慮し、予め作成され、記憶部66に記録されている、上記位置関係と長さLとが対応付けられているテーブルを参照してもよい。光源方向特定部62は、前記で検出した位置関係をもとにして、前記のテーブルを参照し、検出した位置関係に対応する長さLを取得することによって、長さLを特定する。このテーブルとしては、例えば、相対座標と長さLとの対応関係がマッピングされているLUT(ルックアップテーブル)がある。例えば、光源方向特定部62は、図7(A)に示された2値化画像92aにおける点B1の座標(0, Y1)をもとにして、LUTに参照することで、図6(A)に示された長さL1を特定する。また、図7(B)に示された2値化画像92bにおける点B2の座標(0, Y2)をもとにして、LUTを参照することで、図6(C)に示された長さL2を特定する。因みに、点B1と点B2とのY座標の大小関係は、図7に示すように、|Y1| < |Y2|であり、このときに求められる長さLの関係は、長さL1 < 長さL2となる。光源方向特定部62は、求められた長さLを、上記の式に代入することにより仰俯角θを特定する。また、光源方向特定部62は、上記位置関係又は長さLと仰俯角θとが対応付けられたテーブルを参照して、仰俯角θを特定するようにしてもよい。

#### 【0038】

次に、図8及び図9を参照して、光源40の方位角θの特定方法を説明する。ここで、方位角θは、便宜上、図8及び図9(A)に示すように、撮像方向の逆側から撮像装置30を見た状態において、中心点Pから鉛直に延びる直線から時計回りに値が大きくなる角度とする。図6及び図7に示されている状態における光源40の方位角θ1は、図8に示すように0°である。図9(A)～(C)に、方位角θ2の方向に配置された光源40、そのときの撮影画像(第1の画像)90c及び2値化画像92cを示す。図9(B)に示すように、撮像装置30による撮像画像90cは、右上に被照射部が延びている。光源方向特定部62は、この撮像画像90cを2値化した2値化画像92cから、図9(C)に示すように、相対座標(X3, Y3)の点B3を特定する。

10

20

30

40

50

## 【0039】

光源方向特定部 62 は、相対座標 (X3, Y3) が特定されることにより、次の(1)～(6)のいずれかの式で方位角 $\theta$ を特定する。

(1) 点Bの座標が ( $0 < X, 0 < Y$ ) のとき (即ち、図9(c)の2値化画像92cにおいて、中心点Pに対し点Bが第1象限にあるとき)、方位角 $\theta = |\tan^{-1}(Y/X)| + \pi/2$

(2) 点Bの座標が ( $X = 0, 0 < Y$ ) のとき (即ち、図9(c)の2値化画像92cにおいて、点BがY軸上の正の位置にあるとき)、方位角 $\theta = \pi/2$

(3) 点Bの座標が ( $X < 0, 0 < Y$ ) のとき (即ち、図9(c)の2値化画像92cにおいて、中心点Pに対し点Bが第2象限にあるとき)、方位角 $\theta = |\tan^{-1}(Y/X)| + \pi$

(4) 点Bの座標が ( $X = 0, Y < 0$ ) のとき (即ち、図9(c)の2値化画像92cにおいて、点BがY軸上の負の位置にあるとき)、方位角 $\theta = \pi$

(5) 点Bの座標が ( $X < 0, Y = 0$ ) のとき (即ち、図9(c)の2値化画像92cにおいて、中心点Pに対し点Bが第3象限にあるとき)、方位角 $\theta = |\tan^{-1}(Y/X)| + 3\pi/2$

(6) 点Bの座標が ( $0 < X, Y < 0$ ) のとき (即ち、図9(c)の2値化画像92cにおいて、中心点Pに対し点Bが第4象限にあるとき)、方位角 $\theta = |\tan^{-1}(Y/X)|$

また、光源方向特定部 62 は、中心点 P に対する点 B の相対座標と方位角 $\theta$ とが対応付けられ、予め作成された LUT を参照して、方位角 $\theta$ を特定するようにしてもよい。

## 【0040】

以上のように、光源方向特定部 62 は、光源 40 の仰俯角 $\phi$ 及び方位角 $\theta$ を特定することで、光源 40 の方向を特定することができる。なお、光源方向特定部 62 は、仰俯角 $\phi$ 及び方位角 $\theta$ に基づいて、所定の計算を行い、光源 40 の方向を別の方法で表す値 (球座標系における値等) を算出等して、これによって、光源 40 の方向を特定してもよい。

## 【0041】

上記のようにして光源 40 の方向を特定したが、絵画調画像に、所定の濃淡を有する、陰影等を付加するには、光源方向特定部 62 によって、実環境における光源 40 の光による照度及び間接光源 (最も明るい光を発する光源 40 以外の全ての光源) の環境光による照度を特定する必要があり、これらの相対照度を特定したうえで、この特定された相対照度に対応する濃度の陰影等を、光学処理部 60 によって絵画調画像に付加する必要がある。次に、図 10 を参照して、光源 40 の光及び間接光源 (最も明るい光を発する光源 40 以外の全ての光源) の環境光によって照らされているフード画像領域 320 の相対照度を特定する方法について説明する。なお、図 10 は、図 6(B) の撮像画像 90a に環境光に照らされた部分が加えられた図である。

## 【0042】

先ず、図 10 に示された撮像画像 90d について説明する。撮像画像 90d において、環境光に照らされている領域を灰色で示し領域 R03 とする。

## 【0043】

次に、2箇所の輝度の検出対象位置について説明する。まず、光源 40 の光によって照らされる部分における輝度の検出対象位置は、光源 40 によって照らされた領域 R01 のうち、開口 324 の中心から最も遠方に延びる被照射部の縁と開口 324 の中心とを結ぶ線分上の、開口 324 の外側近傍 (所定の距離内) とする (図 6(B)、図 6(D) 及び図 10 において点 A1)。このように検出対象位置を設定した理由としては、開口 324 から入射する光は他の部分よりも開口 324 の外側近傍を広く照射し、且つ、この検出対象位置は、仰俯角 $\phi$ が 45° より大きく、90° より小さい範囲のうちどの角度の光源 40 によっても、常に照らされる位置であるためである。

## 【0044】

次に、図 10 に示す撮像画像 90d において、間接光源の環境光によって照らされる部分における輝度の検出対象位置について説明する。間接光源の環境光によって照らされる

10

20

30

40

50

位置にある点として、点 A 1 の輝度と比較するための輝度検出対象である点 C 1 の輝度は、光源 4 0 によって照らされた位置にある点 A 1 の輝度との比較対象であるため、光源 4 0 からの光による影響が少ない点である必要がある。このため、点 C 1 は、点 A 1 の位置に対して、開口 3 2 4 を中心として逆側に設定される。このようにすることで、方位角が 45° より大きく、90° よりも小さい範囲にある（つまり、レンズフードの内壁 3 2 8 における開口 3 2 4 の周囲を満遍なく照らす光を出射しない）光源 4 0 の影響は少ない。更に、点 C 1 の位置は、間接光源によって照らされた領域 R 0 3 のうち、開口 3 2 4 の中心から最も遠方に延びる被照射部の縁と開口 3 2 4 の中心とを結ぶ線分上の、開口 3 2 4 の外側近傍（所定の距離内）とする。このように検出対象位置を設定した理由としては、開口 3 2 4 から入射する光は他の部分よりも開口 3 2 4 の外側近傍を広く照射し、且つ、この検出対象位置は、仰俯角  $\theta$  が 0° から 90° より小さい範囲のうちどの角度の間接光源によっても、常に照らされる位置であるためである。10

#### 【 0 0 4 5 】

次に、具体的な照度の特定方法について説明する。光源方向特定部 6 2 は、2 値化画像 9 2 から算出した点 B の位置に、撮像画像 9 0 a において対応する位置にある点 A 1 0 を特定する。（ここで、2 値化画像 9 2 に施された2 値化処理のしきい値は、間接光源の環境光の輝度値よりも大きく、光源 4 0 の光の輝度値よりも小さい値とする。つまり、2 値化画像 9 2 において、間接光源の環境光によって照らされている部位は、黒く写り、光源 4 0 の光によって照らされた部位は、白く写っている。このため、好適に点 B が特定される。）更に、点 A 1 0 と開口 3 2 4 の中心とを結ぶ線分上にあり、開口 5 0 の中心に対し、点 1 0 と点対称の位置にある点 C 1 0 を特定する。次に、光源方向特定部 6 2 は、点 A 1 0 と開口 3 2 4 の中心とを結ぶ線分上にあり、開口 3 2 4 の外側近傍（所定の距離内）とする点 A 1 とし、点 C 1 0 と開口 3 2 4 の中心とを結ぶ線分上にあり、開口 3 2 4 の外側近傍（所定の距離内）とする点 C 1 とする。光源方向特定部 6 2 は、撮像画像 9 0 において、光源 4 0 によって照らされた点 A 1 における画素の輝度、及び間接光源により照らされた点 C 1 における画素の輝度を検出し、これらの輝度を比較し、相対照度を特定する。光源方向特定部 6 2 は、特定された相対照度に応じて、光学処理部 6 0 によって絵画調画像に付加される陰影等の濃度を決定する。20

#### 【 0 0 4 6 】

即ち、本実施形態では、上記処理によって、光源方向特定部 6 2 は、撮像画像 9 0 に基づいて、例えば、撮像画像 9 0 の明るさ情報（輝度値）から、明領域（R 0 1、R 0 2）内を照らす光の照度を特定し、撮像画像 9 0 に基づいて、内壁 3 2 8 において、直接光源 4 0 によって照らされている明領域外（例えば領域 R 0 3）を照らす光の照度を特定し、特定した明領域内外の光の照度に基づいて、直接光源 4 0 と間接光源との照度の比を特定する。30

#### 【 0 0 4 7 】

なお、上記において、輝度の検出対象位置を、直接光源 4 0 の光に照らされる点 A 1 及び環境光に照らされる点 C 1 としたが、これに限定しない。例えば、直接光源 4 0 から出射される光に照らされる部分の、撮像画像 9 0 における輝度を検出するには明領域 R 0 1 内であればよく、例えば、点 A 1 0 と開口 3 2 4 の中心とを結ぶ線分上にあり、点 1 0 よりも開口 3 2 4 の中心側であればよい。更に、間接光源から出射される光に照らされる部分の、撮像画像 9 0 における輝度を検出するには領域 R 0 3 内であればよく、例えば、点 A 1 0 と開口 3 2 4 の中心とを結ぶ線分上にあり、開口 5 0 の中心に対し、点 1 0 と点対称の位置にある点 C 1 0 を輝度を検出する対象としてもよい。40

#### 【 0 0 4 8 】

また、例えば、点 A 1 、点 C 1 の近傍にある画素における輝度値に、大きなムラがあることがあり得るため、夫々所定の範囲における複数の点を検出対象とするようにして、得られた値を平均化した輝度に基づいて照度を特定するようにするとより好ましい。

#### 【 0 0 4 9 】

次に、光源方向特定処理の詳細な一例を、図 1 1 を参照して説明する。この処理は、画50

像に陰影を付加することを目的として、ユーザによってなされるデジタルフォトフレーム 10 の図示しない操作部への操作等を契機として開始される。

#### 【0050】

まず、光源方向特定部 62 の制御によって、撮像装置 30 がレンズフード 32 の内壁 328 を撮像する（ステップ S101）。次に、光源方向特定部 62 は、撮像画像 90 を 2 値化する（ステップ S102）。光源方向特定部 62 は、2 値化画像 92 から点 B を検出する（ステップ S103）。次に、光源方向特定部 62 は、点 B の座標を元に LUT より長さ L を特定する（ステップ S104）。次に、光源方向特定部 62 は、特定された長さ L と内径 D から仰俯角 θ を特定する（ステップ S105）。光源方向特定部 62 は、点 B の中心点 P に対する相対座標から方位角 φ を特定する（ステップ S106）。光源方向特定部 62 は、仰俯角 θ 及び方位角 φ から光源 40 の方向を特定する（ステップ S107）。次に、光源方向特定部 62 は、光源 40 によって照らされた被照射部のうち、2 値化画像 92 における点 B に対応する位置にある撮像画像 90 における点 A10 と開口 324 の中心とを結ぶ線分上にあり、開口 324 の外側近傍に、点 A1 を設定し（ステップ S108）、設定された点 A1 の輝度を検出する（ステップ S109）。次に、光源方向特定部 62 は、開口 50 の中心に対し、点 A10 と点対称の位置にある点 C10 と開口 324 の中心とを結ぶ線分上にあり、開口 324 の外側近傍に、点 C1 を設定し（ステップ S110）、設定された点 C1 の輝度を検出する（ステップ S111）。次に、光源方向特定部 62 は、点 C1 の輝度に対する点 A1 の相対的な輝度を算出する（ステップ S112）。絵画調変換部 52 は、記憶部 66 に格納されている原画像に絵画調の処理を施し、3 次元形状データを有する絵画調画像を作成する。光学処理部 60 は、点 C1 の輝度に対する点 A1 の輝度から相対照度を算出し、特定された光源 40 の方向及び絵画調画像の 3 次元データ等に基づき、所定の長さ、角度及び濃度の陰影等を絵画調画像に付加する（ステップ S113）。

#### 【0051】

また、上記の光学処理部 60 に相当する、陰影等の付加に用いられるソフトウェアとして、レイトレーシングソフトのShade（登録商標）がある。この場合、光源方向特定部 62 が、ソフトウェアが要求するデータを、適宜、輝度の比、光源の方向等に基づいて生成（変換）することにより、ソフトウェアによって絵画調画像に陰影が付加される。

#### 【0052】

上記のように、本実施形態に係るデジタルフォトフレーム 10 は、撮像装置 30、レンズフード 32 からなる少ない部品構成から成り、簡単な処理で実環境の光源 40 の方向を特定できる。更に、特定された光源 40 の方向及び照度に応じた陰影等を絵画調画像に反映（付加）させることができる。

#### 【0053】

また、光源 40 の光と間接光源の環境光との相対照度に応じた濃度の陰影等を絵画調画像に付加することにより、光源 40 の光の照度に応じた濃度の陰影等を絵画調画像に付加するよりも、より実環境における明暗状態を反映した画像を生成することができる。

#### 【0054】

なお、本実施形態光学計算は、OpenGL（登録商標）等のプログラミングインターフェースを使って演算してもよい。また、絵画調画像に、陰影の代わりに、光沢のみを付加させてもよい。

#### 【0055】

また、撮像装置に光源からの光を導入するものとして、レンズフードを備える構成について本実施形態において説明したが、本発明はこの構成に限定されない。つまり、光導入部は、撮像装置によって撮像される部分に光を導入できればよく、両端開口の孔を有し、光源から出射された光が一端の開口から前記孔の内部に入射し、入射した光によって、前記孔の内壁における、前記一端の開口の周囲が照らされる構成部品であればよい。例えば、光導入部は、レンズフード 32 が取り付けられていない筐体 100 であるとしてもよい。この場合、孔 100b が前記の孔に該当する。

10

20

30

40

50

**【 0 0 5 6 】**

上記実施形態に係るフォトフレームにおいては、光源方向を特定し、絵画調画像に陰影等を付加するものとして説明したが、3次元形状データを有する画像であれば、絵画調画像ではなくとも陰影等を付加することができ、本願発明は、3D-CAD画像、実写真を表す画像等にも適用可能である。

**【 0 0 5 7 】**

なお、3次元形状データを画像から検出又は画像に設定可能な装置を備えるようにすることにより、撮像装置によって撮像された撮像画像のうちフード画像領域を除いた外界画像を、陰影等を付加する対象である原画像（又は絵画調画像の変換前の画像）として用いてよい。

10

**【 0 0 5 8 】**

更には、光源が移動するものである場合、連続的に画像を撮像し、撮像された画像を基に光源方向を特定することで、瞬時の光源方向に応じた陰影等を絵画調画像に付加することができる。つまり、移動する光源の方向に応じた陰影等をリアルタイムに絵画調画像に付加することができる。

**【 0 0 5 9 】**

更に、本実施形態に係るデジタルフォトフレームにおいては、撮像装置及びレンズフードをモニタ20の上部に1箇所のみ備える構成を説明したが、その位置は任意であり、また、例えば、上下左右に複数備えるようにしてもよい。このようにすることで、複数の角度から撮像した複数の画像を基に3Dデータを取得することができる。更に、光源方向の特定精度を向上させることができる。

20

**【 0 0 6 0 】**

また、本実施形態に係るデジタルフォトフレームにおいては、絵画調の画像に陰影等を付加するために、光源方向を特定するとしたため、絵画の表面方向のみの光源方向を特定するものとしたが、本発明はこの構成に限定されない。例えば、特定された光源情報を絵画調画像以外のものに利用する場合等には、表裏面、両面の光源方向を特定するようにしてもよい。この場合、逆方向に向けられた撮像装置を2個設けるようにし、同様の処理を行うことで両面方向の光源方向を特定することができる。また、本実施形態においては、絵画の顔料の付着による凹凸の斜面角は45°を超えないものと想定し、絵画調の画像をよりリアルにするために、陰影等を付加することを前提としていた。このため、仰俯角が45°より大きく、90°よりも小さい範囲にある、光源40の方向の特定を行うものとして説明したが、光源位置の推定のみに用いる場合等には、その範囲を制限しない。

30

**【 0 0 6 1 】**

また、本実施形態においては、光源方向特定部が、光源から照射される光の輝度値等を取得し、取得した輝度値等に基づき光源の方向及び照度を特定する、として説明したが、更に、光の色データを検出するようにしてもよい。この場合、光源によって出射される光の色データは、本実施形態におけるレンズフード32の内壁328が白色であるため、この光の内壁328における照射部位を撮像画像から、検出可能である。例えば、光源方向特定部が、点A1の輝度及び点C1の輝度とともに色データを検出するようにしてもよい。この色データに基づき、光学処理部は、処理対象の画像において各光が当たると推定される部分の色素を調整することができる。更に、環境光の色と直接光源の光の色とが異なる場合であっても、より実環境に沿うように、処理対象の画像の色素を調整することができる。

40

**【 0 0 6 2 】**

更に、本実施形態に係るデジタルフォトフレームにおいては、特定された光源（光源の方向・照度）を、画像の陰影等を付加するために用いるものとして説明したが、どのように用いるかは任意である。例えば、特定された光源の方向の情報を、太陽電池の受光面の方向制御に用いるようにしてもよい。

**【 0 0 6 3 】**

また、本実施形態においては、デジタルフォトフレームを例として説明したが、デジタ

50

ルカメラ、パソコン、ノートパソコン又はPDA（パーソナル・デジタル・アシスタント）等に用いるようにしてもよい。

#### 【0064】

上記プログラムは、OS（Operation System）と協働してCPUに光源方向特定処理を行わせるものであってもよい。この場合、OSも記憶部に記録される。また、上記プログラムは、持ち運び可能な記憶媒体（例えば、CD-ROM（Compact Disk Read Only Memory）、DVD-ROM（Digital Versatile Disk Read Only Memory））に記録され、光源方向特定装置に供給（インストール）されてもよい。また、上記プログラムは、ネットワークを介して光源方向特定装置に供給されてもよい。これらの場合には、記憶部は、フラッシュメモリ等によって構成され、このフラッシュメモリに上記プログラムが記録される。10

#### 【0065】

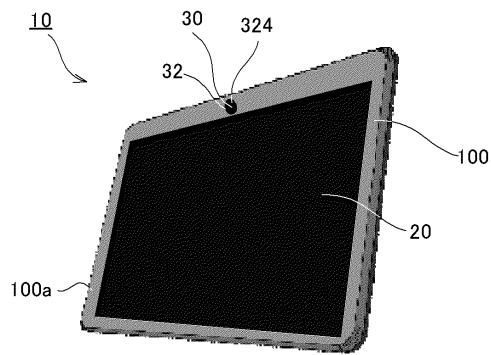
プログラムが記録された、フラッシュメモリ、又は、持ち運び可能な記憶媒体等は、コンピュータが読み取り可能なプログラム製品（プログラムを記憶したコンピュータが読み取り可能な記憶媒体）になる。プログラムは、機能の少なくとも一部が専用回路によって実現され光源方向特定装置を動作させるものであってもよい。つまり、光源方向特定装置は、全体として、光源方向特定処理を行うものであればよく、上記プログラムは、そのような光源方向特定装置を動作させるものであればよい。

#### 【符号の説明】

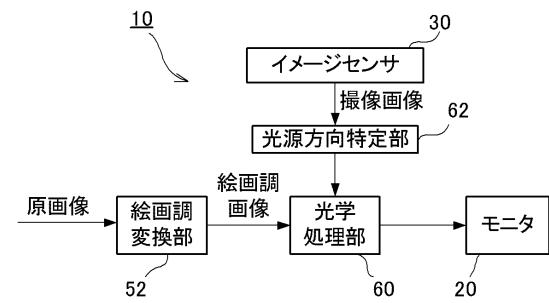
#### 【0066】

10・・・デジタルフォトフレーム（光源方向特定装置）、20・・・モニタ（表示部）、30・・・撮像装置（撮像装置）、32・・・レンズフード（光導入部）、320・・・フード画像領域、322・・・軸線、324, 326・・・開口、40・・・光源、50・・・外界画像、52・・・絵画調変換部、60・・・光学処理部、62・・・光源方向特定部、64・・・CPU、66・・・記憶部（格納部）、90（90a, 90b, 90c, 90d）・・・撮像画像（第1の画像）、A1・・・点、B（B1, B2, B3）・・・点、C1・・・点、L（L1, L2, L3）・・・最大長さ、P・・・中心点、R（R1, R2, R3）・・・明領域、（1, 2）・・・仰俯角、（1, 2）・・・方位角20

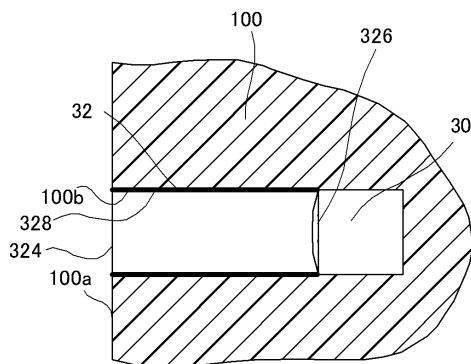
【図1】



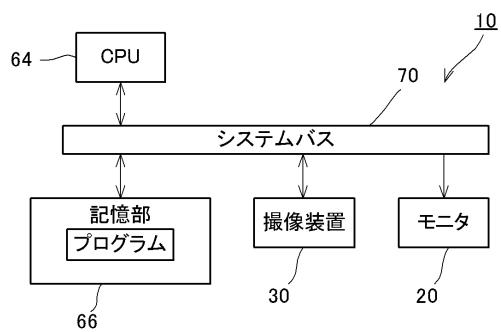
【図3】



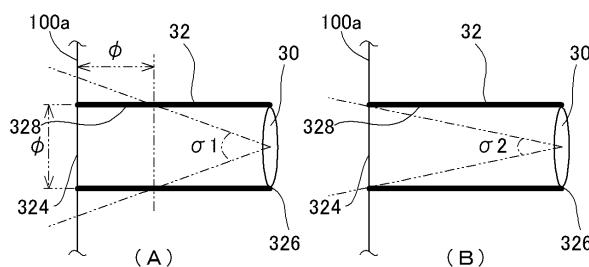
【図2】



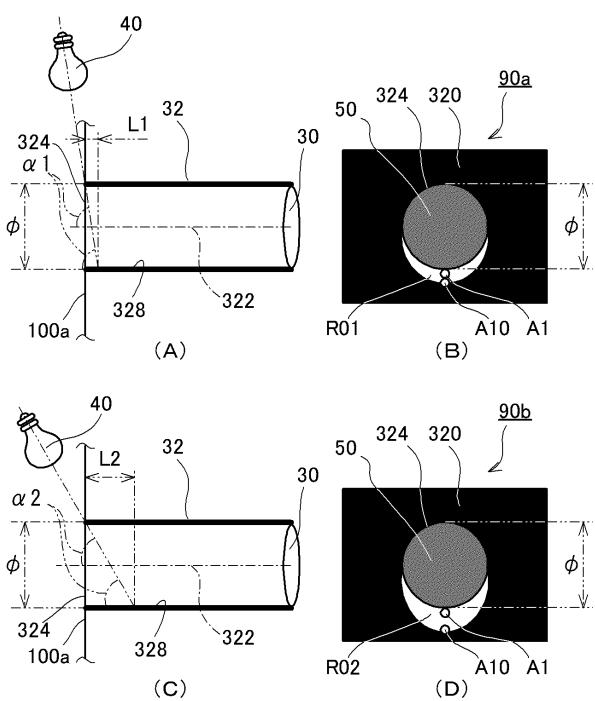
【図4】



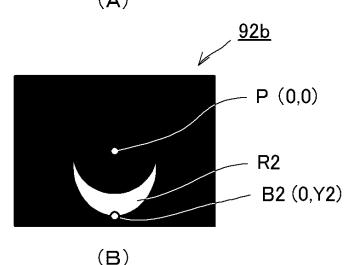
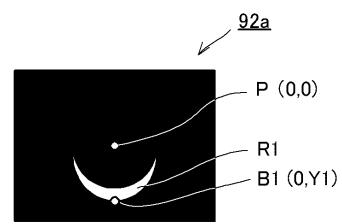
【図5】



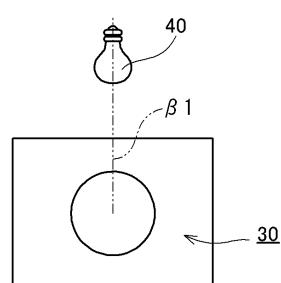
【図6】



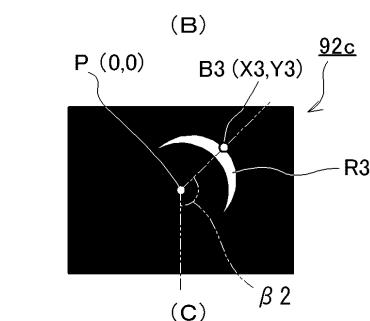
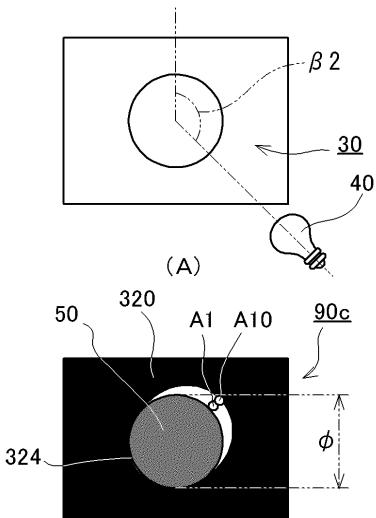
【図7】



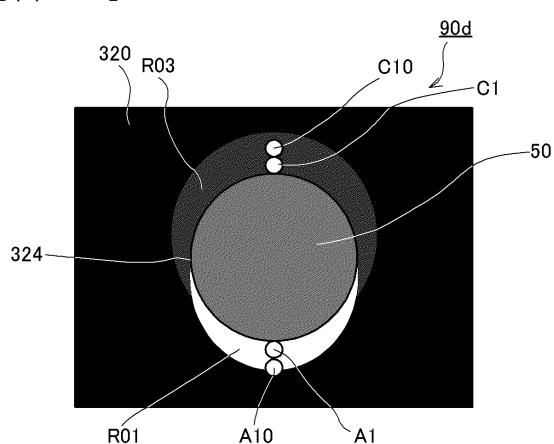
【図8】



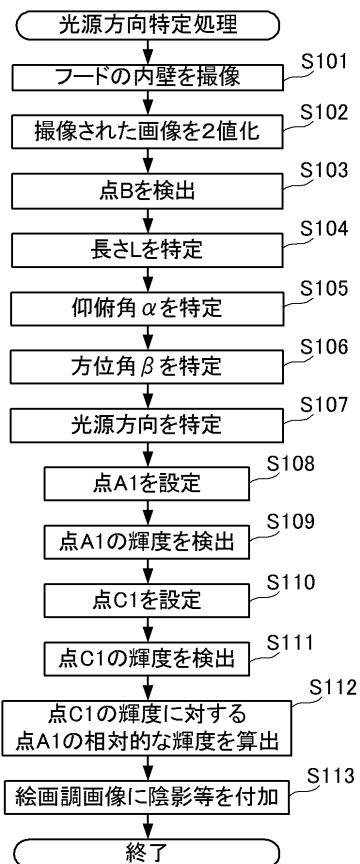
【図9】



【図10】



【図11】



---

フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 6 T 1 / 0 0

G 0 1 B 1 1 / 2 6