

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5901379号
(P5901379)

(45) 発行日 平成28年4月6日(2016.4.6)

(24) 登録日 平成28年3月18日(2016.3.18)

(51) Int. Cl.		F I			
HO4N	7/18	(2006.01)	HO4N	7/18	V
GO6T	1/00	(2006.01)	GO6T	1/00	315
HO4N	5/225	(2006.01)	HO4N	5/225	Z
HO4N	5/232	(2006.01)	HO4N	5/232	Z

請求項の数 3 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2012-69693 (P2012-69693)	(73) 特許権者	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(22) 出願日	平成24年3月26日(2012.3.26)	(74) 代理人	100089118 弁理士 酒井 宏明
(65) 公開番号	特開2013-201677 (P2013-201677A)	(72) 発明者	野崎 智之 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三 菱電機株式会社内
(43) 公開日	平成25年10月3日(2013.10.3)	審査官	秦野 孝一郎
審査請求日	平成26年9月26日(2014.9.26)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 撮像装置校正方法および画像合成装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の撮像装置が撮像した複数の画像データを、各撮像装置の位置関係に基づいて投影面上に合成するために、各撮像装置の位置関係を求める撮像装置校正方法であって、

隣接する撮像装置同士の間画像データ上に、前記隣接する撮像装置同士により共通して撮像された物体による特徴点を設定する特徴点設定ステップと、

前記複数の撮像装置のうち特定の撮像装置の位置に対するその他の撮像装置の相対位置を、回転移動量および平行移動量を用いて表現された初期位置として設定する初期位置設定ステップと、

前記回転移動量および前記平行移動量と、前記特徴点の座標値とを用いて、前記初期位置と各撮像装置の実際の位置との誤差を評価し、各撮像装置の位置を補正する撮像装置位置補正ステップと、を含み、

前記初期位置設定ステップでは、

前記隣接する撮像装置同士について得られた座標系変換式と、あらかじめ設定された特徴点までの概略距離とから、特徴点の座標を求め、

前記座標を基に、各撮像装置から特徴点までの距離を求め、

前記特定の撮像装置から特徴点までの距離と、前記その他の撮像装置から特徴点までの距離との差を合計し、

前記差の合計値があらかじめ設定された指定値より大きい場合、前記その他の撮像装置の相対位置を修正することを特徴とする撮像装置校正方法。

【請求項 2】

前記隣接する撮像装置同士を使用して、前記物体を対象とする三角測量を実施し、前記特徴点までの距離を計測する特徴点距離計測ステップと、

前記初期位置の算出に使用する前記概略距離を、前記特徴点距離計測ステップにおける計測値に置き換える特徴点距離補正ステップと、をさらに含むことを特徴とする請求項 1 に記載の撮像装置校正方法。

【請求項 3】

複数の撮像装置で構成されたカメラ部と、

前記複数の撮像装置が撮像した複数の画像データを取得する画像取得部と、

隣接する撮像装置同士により共通して撮像された物体による特徴点を設定する特徴点設定部と、

前記複数の撮像装置のうち特定の撮像装置の位置に対するその他の撮像装置の相対位置を、回転移動量および平行移動量を用いて表現された初期位置として設定するカメラ初期位置設定部と、

前記隣接する撮像装置同士を使用して、前記物体を対象とする三角測量を実施し、前記特徴点までの距離を計測する特徴点距離計測部と、

前記初期位置の設定のための初期データとしての特徴点までの概略距離と、前記特徴点距離計測部による計測値とを、前記カメラ初期位置設定部へ設定する特徴点距離設定部と

、前記回転移動量および前記平行移動量と、前記特徴点の座標値とを用いて、前記初期位置と各撮像装置の実際の位置との誤差を評価し、各撮像装置の位置を補正するカメラ位置補正部と、

前記カメラ位置補正部が補正した位置関係に基づいて、前記複数の画像データを合成する画像合成部と、を備え、

前記カメラ部は、横方向と縦方向とに組み合わせられた 3 つの撮像装置を含めて構成され、前記 3 つの撮像装置は、前記横方向に配置された 2 つの撮像装置の各視点を結ぶ直線と、前記縦方向に配置された 2 つの撮像装置の各視点を結ぶ直線とが垂直となるように配置され、

前記カメラ初期位置設定部は、

前記隣接する撮像装置同士について得られた座標系変換式と、前記特徴点距離設定部から読み出された前記概略距離とから、特徴点の座標を求め、

前記座標を基に、各撮像装置から特徴点までの距離を求め、

前記特定の撮像装置から特徴点までの距離と、前記その他の撮像装置から特徴点までの距離との差を合計し、

前記差の合計値があらかじめ設定された指定値より大きい場合、前記その他の撮像装置の相対位置を修正することを特徴とする画像合成装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数の撮像装置（カメラ）が撮像した複数の画像データを、各カメラの位置関係に基づいて投影面上に合成するために、各カメラの位置関係を求める撮像装置校正方法、および校正したカメラ同士の位置関係に基づいて合成画像を生成する画像合成装置に関する。

【背景技術】

【0002】

複数のカメラが撮像した画像の合成により合成画像を生成するためには、各カメラの画像間の関係を求める必要がある。従来の撮像装置校正方法として、撮像対象の 3 次元位置から各カメラの 3 次元位置および姿勢を求め、各カメラについて求めた位置および姿勢から、各カメラの画像間の関係を求める手法がある。

【0003】

10

20

30

40

50

例えば、非特許文献 1 に記載の方法では、まず、1 番目のカメラによる撮像対象とされた物体の 3 次元位置から、この 1 番目のカメラの位置を決定する。次に、位置が決定された 1 番目のカメラと、これから位置を決定する 2 番目のカメラとで共通して撮像対象とされた物体の 3 次元位置を、1 番目のカメラのカメラ座標から求め、求めた 3 次元位置から 2 番目のカメラの位置を決定する。このようにして、複数のカメラについてカメラ位置の校正を順番に行う。

【 0 0 0 4 】

また、2 つのカメラにより共通して撮像対象とされた物体の撮像面上の位置と、エピポラ幾何に基づくエピポラ線との距離を、カメラの 3 次元位置および基本行列から求め、その距離を誤差とみなして最小化することで、各カメラの位置および姿勢を校正する方法もある。

10

【 0 0 0 5 】

例えば特許文献 1 に記載の方法では、隣接するカメラ同士で共通して撮像対象とされた物体を抽出し、特徴点として設定する。次に、各カメラの既知の位置関係に基づき、複数のカメラのうちの特定のカメラの位置を基準として他のカメラの相対位置を、回転移動量および平行移動量を用いて設定する。設定した回転移動量および平行移動量と、撮像面上の特徴点の座標値とを用いて、各カメラの位置関係について、実際の位置からの誤差を補正する。

【先行技術文献】

【特許文献】

20

【 0 0 0 6 】

【特許文献 1】特開 2 0 1 1 - 8 6 1 1 1 号公報

【非特許文献】

【 0 0 0 7 】

【非特許文献 1】三嶋、羽石、味戸、山崎著、「被写体方向を保存したドーム投影のための複数枚画像の合成方法」、2 0 0 6 年度日本写真学会年次大会、1A-06K、pp.12-13

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 8 】

非特許文献 1 の方法のように、撮像対象となる物体の 3 次元位置を用いる場合は、物体の 3 次元位置の測定が必須となる。特に、物体が遠距離にある場合は、物体の位置を正確に測定することが困難であるという課題があった。

30

【 0 0 0 9 】

また、特許文献 1 の方法のように、エピポラ幾何に基づき全てのカメラ間の誤差を一括して最小化する場合、最適な合成画像が得られないようなカメラ位置および姿勢へ補正されてしまうことがある。さらに、カメラ間に共通の撮像領域が少ない場合は、特徴点の位置が限られることから、カメラの配置によっては水平方向および垂直方向のいずれかについての誤差が補正されにくくなるという問題も起こり得る。

【 0 0 1 0 】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、複数のカメラが撮像した画像の合成による合成画像の生成において、撮像対象とする物体の正確な 3 次元位置が分からなくとも各カメラの位置および姿勢を校正可能とし、合成画像の全体について誤差を均一に補正可能とする撮像装置校正方法および画像合成装置を得ることを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 1 】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明は、複数の撮像装置が撮像した複数の画像データを、各撮像装置の位置関係に基づいて投影面上に合成するために、各撮像装置の位置関係を求める撮像装置校正方法であって、隣接する撮像装置同士の各画像データ上に、前記隣接する撮像装置同士により共通して撮像された物体による特徴点を設定する特徴点設定ステップと、前記複数の撮像装置のうち特定の撮像装置の位置に対する

50

その他の撮像装置の相対位置を、回転移動量および平行移動量を用いて表現された初期位置として設定する初期位置設定ステップと、前記回転移動量および前記平行移動量と、前記特徴点の座標値とを用いて、前記初期位置と各撮像装置の実際の位置との誤差を評価し、各撮像装置の位置を補正する撮像装置位置補正ステップと、を含み、前記初期位置設定ステップは、前記初期位置の設定に、前記物体までの概略距離を使用する特徴点距離設定ステップを含むことを特徴とする。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、各カメラの位置関係として設定された回転移動量および平行移動量、特徴点の画像上の座標値、特徴点までの概略距離を用いてカメラ位置および姿勢の初期値を求めることで、撮像対象とする物体の正確な3次元位置が分からなくとも各カメラの位置および姿勢を校正可能とし、合成画像の全体について誤差を均一に補正することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】図1は、本発明の実施の形態1にかかる画像合成装置の構成を示すブロック図である。

【図2】図2は、図1に示すカメラ部の各カメラの配置例を示すカメラ配置図である。

【図3】図3は、実施の形態1にかかる画像合成装置の動作を示すフローチャートである。

20

【図4】図4は、3次元座標軸が設定された空間内に配置された2つの透視カメラから撮像対象を見たときの関係を示す図である。

【図5】図5は、透視カメラAを例として、カメラ座標系を説明する図である。

【図6】図6は、カメラ初期位置と実際のカメラ相対位置の誤差を評価する方法を説明する図である。

【図7】図7は、カメラ初期位置設定部の動作を示すフローチャートである。

【図8】図8は、カメラ位置補正部の動作を示すフローチャートである。

【図9】図9は、本発明の実施の形態2にかかる画像合成装置の構成を示すブロック図である。

【図10】図10は、カメラの配置によって合成画像の左右方向のずれが大きくなる場合があることを説明する図である。

30

【図11】図11は、本発明の実施の形態3にかかる画像合成装置を構成するカメラ部の3つの透視カメラから、撮像対象を見たときの関係を示す図である。

【図12】図12は、実施の形態3による画像合成装置のカメラ部におけるカメラ配置による合成画像のずれを示す図である。

【図13】図13は、実施の形態3にかかる画像合成装置を構成するカメラ部における各カメラの平行移動により発生したずれと回転移動により発生したずれを説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

40

以下に、本発明にかかる撮像装置校正方法および画像合成装置の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。

【0015】

実施の形態1

図1は、本発明の実施の形態1にかかる画像合成装置の構成を示すブロック図である。この画像合成装置は、カメラ部101、画像取得部102、画像データ記憶部103、特徴点設定部104、特徴点位置補正部105、カメラ初期位置設定部106、カメラ位置補正部107、画像補正データ記憶部108、カメラ位置データ記憶部109、画像合成部110および特徴点距離設定部111を備える。

50

【 0 0 1 6 】

カメラ部 1 0 1 は、3 台のカメラ（撮像装置）1 ~ 3 を備える。各カメラ 1 ~ 3 は、撮像面の一部が互いに重複するように撮像し、各画像を出力する。なお、カメラ部 1 0 1 が備えるカメラは複数であれば良く、数は任意であるものとする。

【 0 0 1 7 】

画像取得部 1 0 2 は、カメラ部 1 0 1 から画像データを取得し、画像データ記憶部 1 0 3 に保存する。画像データ記憶部 1 0 3、画像補正データ記憶部 1 0 8 およびカメラ位置データ記憶部 1 0 9 は、メモリ等の記憶媒体から構成される。

【 0 0 1 8 】

特徴点設定部 1 0 4 は、画像データ記憶部 1 0 3 に保存された画像データ上に、校正に必要な特徴点を設定する。特徴点位置補正部 1 0 5 は、画像補正データ記憶部 1 0 8 に保存された画像補正データを用いて、画像データ上に設定された特徴点の位置を、透視カメラで撮像した場合の位置に変換する。

10

【 0 0 1 9 】

カメラ初期位置設定部 1 0 6 は、カメラ位置データ記憶部 1 0 9 に保存されたカメラ 1 ~ 3 の初期位置データと特徴点距離設定部 1 1 1 に予め設定された特徴点の概略距離を取得して、カメラ位置を設定する。

【 0 0 2 0 】

カメラ位置補正部 1 0 7 は、カメラ初期位置設定部 1 0 6 で設定されたカメラ位置と特徴点位置補正部 1 0 5 により補正された特徴点を用いて、カメラ 1 ~ 3 のカメラ初期位置を現実配置固定された正しいカメラ位置に補正するとともに、補正したカメラ位置を実際位置データとしてカメラ位置データ記憶部 1 0 9 に記憶させる。画像合成部 1 1 0 は、カメラ位置データ記憶部 1 0 9 に記憶されたカメラ 1 ~ 3 の実際位置データを用いて、カメラ 1 ~ 3 が撮像した画像を合成する。

20

【 0 0 2 1 】

図 2 は、図 1 に示すカメラ部の各カメラの配置例を示すカメラ配置図である。図 2 において、カメラ部 1 0 1 は、それぞれの撮像面の一部が重複するように、3 台のカメラ 1、2 および 3 が配置および固定されている。画像合成装置は、カメラ 1 ~ 3 を配置した空間に対し、カメラ 1 が配置された位置を基準とする仮想の 3 次元座標軸を設定する。この 3 次元座標軸を、カメラ 1 のカメラ座標系と称する。

30

【 0 0 2 2 】

また、カメラ 2 および 3 の配置位置は、カメラ 1 の配置位置を基準とする相対位置として規定される。この相対位置は、カメラ 2 および 3 の回転移動 R および平行移動 T からなる移動量として表現される。回転移動 R は、 3×3 の行列とする。平行移動 T は、 1×3 の行列（ベクトル）とする。

【 0 0 2 3 】

図 2 では、カメラ 1 に対するカメラ 2 の相対位置を、回転移動 R_2 および平行移動 T_2 と表現する。カメラ 1 に対するカメラ 3 の相対位置を、回転移動 R_3 および平行移動 T_3 と表現する。カメラ 2 および 3 の配置位置は、例えばカメラ座標系の絶対値としての座標値と回転角とで表現しても良い。この表現方法としても、回転移動 R および平行移動 T で表現する相対位置へ簡単に変換できる。

40

【 0 0 2 4 】

次に、画像合成装置の動作を説明する。図 3 は、実施の形態 1 にかかる画像合成装置の動作を示すフローチャートである。画像取得部 1 0 2 がカメラ部 1 0 1 に撮像を指示すると、カメラ部 1 0 1 は、カメラ 1 ~ 3 を制御して同時に撮像を行う。画像取得部 1 0 2 は、撮像された画像データをカメラ部 1 0 1 より取得し、画像データ記憶部 1 0 3 に保存する（ステップ S 1）。

【 0 0 2 5 】

特徴点設定部 1 0 4 は、画像データ記憶部 1 0 3 に保存された画像データ上に、特徴点を設定する（ステップ S 2）。特徴点とは、2 つのカメラに共通する撮像領域にあって、

50

2つのカメラによって共通して撮像できる物体の画像上の点である。図2に示す例では、カメラ1の撮像視野201とカメラ2の撮像視野202とが重なる共通撮像領域から、複数の特徴点211、212および215が抽出される。

【0026】

また、カメラ2の撮像視野202とカメラ3の撮像視野203とが重なる共通撮像領域からは、複数の特徴点212、213、214および215が抽出される。カメラ3の撮像視野203とカメラ1の撮像視野201とが重なる共通撮像領域からは、複数の特徴点212、215および216が抽出される。

【0027】

特徴点設定部104は、各カメラ1～3が撮像した画像それぞれに二次元座標軸を設定し、ある特徴点について一方の画像データに設定した二次元座標で表す座標値と、他方の画像データに設定した二次元座標で表す座標値をペアにして保存する。この二次元座標軸を、画像座標系と称する。

10

【0028】

例えば、カメラ1の画像データの横 i_1 番目、縦 j_1 番目のピクセルに特徴点があり、同一の特徴点がカメラ2の画像データの横 i_2 番目、縦 j_2 番目のピクセルにある場合、カメラ1の画面座標系で表す座標値 (i_1, j_1) と、カメラ2の画面座標系で表す座標値 (i_2, j_2) が、ペアとして保存される。

【0029】

本実施の形態1では、特徴点を設定する方法として、例えばユーザが画像を比較して画像データ上の座標値を入力して設定する方法、または、SIFT (Scale-Invariant Feature Transform) のような画像処理を利用して特徴点を自動抽出してその座標値を設定する方法を用いる。画像処理を利用して特徴点を抽出する場合には、特徴点の座標値が例えば $(5.5, 10.3)$ というように小数点の値になっても良い。

20

【0030】

続いて、特徴点位置補正部105は、画像補正データ記憶部108に予め設定されている画像補正データ(カメラ1～3それぞれの内部パラメータおよびレンズ歪み補正パラメータ等)により、特徴点設定部104が抽出した特徴点の位置を補正して、透視カメラで撮像した場合の位置に変換する(ステップS3)。

30

【0031】

一般に、カメラは、内部パラメータおよびレンズ歪みにより、透視カメラとはみなせない。そのため、カメラ1～3も透視カメラとみなせない場合には、カメラ1～3の画像データ上の特徴点の位置を、透視カメラで撮像した場合の位置に変換する必要がある。これは、ステップS4以降の各処理が、カメラ1～3が透視カメラとみなせることを前提にして行う処理だからである。なお、カメラ1～3が透視カメラとみなせるのであれば、ステップS3の処理は不要である。

【0032】

本実施の形態1では、特徴点の位置を補正する方法として、例えば「Z. Zhang、A Flexible New Technique for Camera Calibration、Microsoft Research Technical Report MSR-TR-98-71、1999」に記載された手法により、予め画像補正データをカメラごとに取得し、その画像補正データを用いて補正式により画像データ上の特徴点の位置を補正する方法を用いる。

40

【0033】

続いて、カメラ初期位置設定部106は、カメラ位置データ記憶部109に保存されているカメラ1～3の初期位置データを取得して、カメラ位置に設定する(ステップS4)。カメラ2～3の初期位置は、上述のようにカメラ1のカメラ座標系においてカメラ1の配置位置を基準とした回転移動Rおよび平行移動Tで表現する相対位置である。

【0034】

50

この初期位置データとしては、例えば、カメラ1～3を固定するための治具の設計値、または、実際に配置固定したカメラ1～3間の距離および角度の測定値を用いる。いずれの場合にも、治具の精度、カメラの配置および固定における誤差、測定の誤差等に起因して、初期位置はカメラ1～3の実際の配置固定位置（実際位置）に対して誤差を持つと考えられ、この誤差が合成画像の生成によりずれとして表示されてしまう。そこで、この誤差を補正して、合成画像の生成における誤差が小さくなるようなカメラ1～3の実際位置を求めることが必要となる。この誤差の補正をカメラ位置補正部107が行う。

【0035】

続いて、カメラ位置補正部107は、カメラ1～3の初期位置を補正して実際位置を求める（ステップS5）。この補正処理では、カメラ位置補正部107が基本行列を用いてカメラ位置の補正を行う。以下に、基本行列について説明する。なお、基本行列について
10
のより詳細な説明は、例えば、「佐藤淳、コンピュータビジョン 視覚の幾何学、コロナ社、pp. 83～85, 89」に記載されている。

【0036】

図4は、3次元座標軸が設定された空間内に配置された2つの透視カメラAおよびBから撮像対象を見たときの関係を示す図である。図4において、透視カメラAは、その光学中心である視点301の位置に配置され、撮像面304の方向を向いている。他方、透視カメラBは、その視点302の位置に配置され、撮像面305の方向を向いている。

【0037】

撮像対象307は、特徴点として撮像面304および305上に抽出および設定される物体であり、透視カメラAおよびBと同じ空間に配置されている。透視カメラAの視点301から撮像対象307へ延びる直線と撮像面304とが交わる点を交点308、透視カメラBの視点302から撮像対象307へ延びる直線と撮像面305とが交わる点を交点309とする。
20

【0038】

交点308は、透視カメラAが撮像した画像である撮像面304上に設定される特徴点である。交点309は、透視カメラBが撮像した画像である撮像面305上に設定される特徴点である。透視カメラAの視点301と透視カメラBの視点302とを結ぶ直線が、撮像面304と交わる点を交点311、撮像面305と交わる点を交点313とする。直線315は、交点308と交点311を結ぶ直線とする。直線317は、交点309と交点313を結ぶ直線とする。なお、撮像面304および305上の交点308、309、311および313は、二次元の画像座標系の座標値で表される。
30

【0039】

一般に、交点311および313はエピポール、直線315および317はエピポーラ線、視点301および302と撮像対象307で作られる平面はエピポーラ平面、と呼ばれる。視点301と視点302の相対位置は、回転移動Rおよび平行移動Tで表現される。透視カメラAの座標系での視点301から交点308へ向かうベクトルを x' とする。透視カメラBの座標系での視点302から交点309へ向かうベクトルを x とする。

【0040】

ここで、透視カメラAおよびBの座標系について説明する。図5は、透視カメラAを例として、カメラ座標系を説明する図である。透視カメラAの座標系とは、視点301から伸びる視線方向に平行なZ軸と、Z軸に対して鉛直方向に伸び、撮像面304上に射影したY軸と、Z軸およびY軸に直交するX軸とから定義される座標系である。
40

【0041】

図4に示すベクトル x' および x 間には、以下に示す関係式(1)が成り立つ。関係式(1)において、Eは基本行列であって、式(2)に示すように定義される。

$$x'^T E x = 0 \quad \dots (1)$$

$$E = [T]_x R \quad \dots (2)$$

【0042】

ここで、 $[T]_x$ は、Tと任意のベクトルVとの外積を $[T]_x V = T \times V$ と表せる行
50

列である。基本行列 E は、2つの透視カメラ A および B の画像座標間に成り立つ一般的な関係を表す行列である。この関係は、視点 3 0 1 および 3 0 2 から撮像面 3 0 4 および 3 0 5 上の座標に対するベクトル表現で記述されており、実際の撮像対象 3 0 7 までの距離に関わらず成り立つ。したがって、基本行列 E を用いる本補正処理では、撮像対象 3 0 7 の 3 次元座標を用いることなく、透視カメラ A および B の画像データから求めたベクトル x' および x から、実際のカメラ位置を求めることが可能である。

【 0 0 4 3 】

しかし、カメラ 1 ~ 3 の初期位置データのように実際位置に対して位置データに誤差がある場合には、上式 (1) が成り立たない。そこで、カメラ位置補正部 1 0 7 による補正処理では、後述する誤差評価法に基づいてカメラ 1 ~ 3 の初期位置と実際位置の誤差を上式 (1) に基づいて評価し、全体の誤差を最小化するカメラ 2 ~ 3 の相対位置を求めることにより、実際にカメラが配置固定されている正確な位置を求める。

10

【 0 0 4 4 】

ここで、誤差の評価法について説明する。上式 (1) において、 $E x = 1$ とすると、上式 (1) は以下に示す式 (3) となる。この式 (3) の 1 は、ベクトル x' の通る直線とみなすことができる。この直線を一般的にエピポーラ線と呼ぶ (詳細は上記文献を参照) 。図 4 に示すベクトル x' および x 間には、式 (3) が成り立つ。

$$x' \cdot l = 0 \quad \dots (3)$$

【 0 0 4 5 】

図 6 は、カメラ初期位置と実際のカメラ相対位置の誤差を評価する方法を説明する図である。図 6 において、直線 4 0 1 は、式 (3) のエピポーラ線 l に対応する直線である。透視カメラ A を基準にした透視カメラ B の回転移動 R および平行移動 T が実際位置に等しければ、エピポーラ線 l に対応する直線は、直線 3 1 5 のように特徴点である交点 3 0 8 を通過する直線となる。しかし、回転移動 R および平行移動 T に実際位置との誤差がある場合には交点 3 0 8 が直線 4 0 1 上に乗らないため、交点 3 0 8 と直線 4 0 1 の距離 4 0 2 を、この回転移動 R および平行移動 T に含まれる誤差として評価する。

20

【 0 0 4 6 】

次に、カメラ初期位置設定部 1 0 6 の動作、すなわち図 3 に示すステップ S 4 の詳細を説明する。図 7 は、カメラ初期位置設定部の動作を示すフローチャートである。カメラ初期位置設定部 1 0 6 による処理の開始において、カメラ 1 ~ 3 のカメラ位置はカメラ位置データ記憶部 1 0 9 に保存されたカメラ 1 ~ 3 の初期位置データの位置である。

30

【 0 0 4 7 】

カメラ初期位置設定部 1 0 6 は、まず、カメラ 1 を基準とするカメラ座標系で記述されたカメラ 1 のカメラ位置から、隣接するカメラ 2 ~ 3 のカメラ座標系の変換式を求める (ステップ S 1 1) 。これは、特徴点は隣接するカメラに共通して撮像されることから、上式 (1) を適用するために、隣接するカメラ同士の回転移動 R および平行移動 T を求める必要があることによるものである。

【 0 0 4 8 】

具体的には、カメラ初期位置設定部 1 0 6 は、カメラ 1 の 3 次元座標値 (x, y, z) = X_{10} からカメラ 1 に隣接するカメラ 2 の 3 次元座標値 X_{20} への座標系変換を、相対位置 R_{20} および T_{20} を使用する以下の式 (4) により行う。

40

$$X_{20} = R_{20} X_{10} + T_{20} \quad \dots (4)$$

【 0 0 4 9 】

これと同様に、カメラ初期位置設定部 1 0 6 は、カメラ 1 の 3 次元座標値 X_{10} からカメラ 3 の 3 次元座標値 X_{30} への座標系変換を、相対位置 R_{30} および T_{30} を使用する以下の式 (5) により行う。

$$X_{30} = R_{30} X_{10} + T_{30} \quad \dots (5)$$

【 0 0 5 0 】

これにより、カメラ初期位置設定部 1 0 6 は、隣接するカメラ同士の全てについて、座標系変換式を得る。続いて、カメラ初期位置設定部 1 0 6 は、ステップ S 1 1 で求めた隣

50

接するカメラ同士についての座標系変換式(4)および(5)と、特徴点距離設定部111から取得した特徴点までの概略距離Lとから、特徴点の座標を求める。(ステップS12、特徴点距離設定ステップ)。

【0051】

カメラ初期位置設定部106は、ステップS12で求めた特徴点の座標を基に、各カメラ1~3から特徴点までの距離を求める。カメラ初期位置設定部106は、カメラ1と特徴点との距離を基準として、カメラ2と特徴点との距離との差およびカメラ3と特徴点との距離との差を誤差として合計する。(ステップS13)。

【0052】

カメラ初期位置設定部106は、ステップS13で求めた誤差の合計値が予め設定された指定値より大きい場合(ステップS14、No)、続くステップS15にて現在のカメラ位置(相対位置 R_{20} 、 T_{20} 、 R_{30} 、 T_{30})を変数としてカメラの位置を修正する。ステップS15で用いる修正方法としては、例えば、シンプレックス法、パウエル法等の一般的な関数最小化手法に基づいて修正する方法がある。

【0053】

カメラ初期位置設定部106は、ステップS15で修正した新たなカメラ位置を用いてステップS11~S14の各処理を行う。カメラ初期位置設定部106は、新たなカメラ位置に基づく誤差の合計値が指定値以下になった場合(ステップS14、Yes)、この新たなカメラ位置を実際位置データとしてカメラ位置補正部107に出力する(ステップS16)。

【0054】

次に、上記誤差評価法に基づくカメラ位置補正部107の動作、すなわち図3に示すステップS5の詳細を説明する。図8は、カメラ位置補正部の動作を示すフローチャートである。カメラ位置補正部107の補正処理開始時、カメラ1~3のカメラ位置は、カメラ初期位置設定部106によって設定された初期位置である。

【0055】

カメラ位置補正部107は、カメラ初期位置設定部106のステップS11と同様にカメラ1の位置から、隣接するカメラ2~3のカメラ座標系の変換式を求める(ステップS21)。具体的には、カメラ位置補正部107は、カメラ1の3次元座標値(x, y, z)= X_{11} からカメラ1に隣接するカメラ2の3次元座標値 X_{21} への座標系変換を、相対位置 R_{21} および T_{21} を使用する以下の式(6)により行う。

$$X_{21} = R_{21} X_{11} + T_{21} \quad \dots (6)$$

【0056】

これと同様に、カメラ位置補正部107は、カメラ1の3次元座標値 X_{11} からカメラ3の3次元座標値 X_{31} への座標系変換を、相対位置 R_{31} および T_{31} を使用する以下の式(7)により行う。

$$X_{31} = R_{31} X_{11} + T_{31} \quad \dots (7)$$

【0057】

これにより、カメラ位置補正部107は、隣接するカメラ同士の全てについて、座標系変換式を得る。続いて、カメラ位置補正部107は、ステップS21で求めた隣接するカメラ同士についての座標系変換式(6)および(7)を上記の式(2)に適用して、隣接するカメラ同士についての基本行列Eを求める(ステップS22)。

【0058】

カメラ位置補正部107は、実際に撮像された画像上に設定された各特徴点211~216の誤差、すなわち交点とエピポーラ線との距離を、対応するカメラ間の基本行列Eを用いて上記の式(1)によりそれぞれ計算し、各特徴点211~216の誤差の合計値を求める(ステップS23)。以上、ステップS21~S23は、誤差評価ステップである。

【0059】

カメラ位置補正部107は、ステップS23で求めた誤差の合計値が予め設定された指

10

20

30

40

50

定値より大きい場合（ステップS24、No）、続くステップS25にて現在のカメラ位置（相対位置 R_{21} 、 T_{21} 、 R_{31} 、 T_{31} ）を変数としてカメラの位置を修正する。ステップS25で用いる修正方法としては、カメラ初期位置設定部106で用いる方法と同様に、シンプレックス法、パウエル法等がある。

【0060】

カメラ位置補正部107は、ステップS25で修正した新たなカメラ位置を用いてステップS21～S24の各処理を行う。カメラ位置補正部107は、新たなカメラ位置に基づく誤差の合計値が指定値以下になった場合（ステップS24、Yes）、この新たなカメラ位置を実際位置データとしてカメラ位置データ記憶部109に出力する（ステップS26）。以上、ステップS24～S26が、誤差最小化ステップである。

10

【0061】

説明を図3のフローチャートに戻す。画像合成部110は、ステップS5で求めた実際位置データを用いて、3次元空間上にある連続した面にカメラ1～3が撮像した画像を投影することにより、合成画像を生成する（ステップS6）。

【0062】

実施の形態1によれば、画像合成装置は、複数のカメラ1～3が撮像し、画像取得部102がカメラ1～3の撮像した複数の画像データを取得し、特徴点設定部104が、隣接するカメラ間の各画像データから共通に撮像された撮像対象物体をそれぞれ抽出して特徴点に設定するように構成されている。画像合成装置は、カメラ初期位置設定部106が、カメラ位置データ記憶部109に記憶された初期位置データおよび特徴点距離設定部111から設定される特徴点の概略距離データに基づいて、カメラ1の位置を基準とするカメラ2および3の相対位置を、回転移動 R_2 および R_3 と平行移動 T_2 および T_3 を用いて設定するように構成されている。

20

【0063】

画像合成装置は、カメラ位置補正部107が、回転移動 R_2 および R_3 と平行移動 T_2 および T_3 から基本行列を求め、特徴点の画像上の座標値を用いて基本行列の誤差、すなわち隣接するカメラ同士により撮像された2つの画像データにおけるエピポラ線と当該2つの画像データに共通する特徴点の座標位置との距離を算出するように構成されている。画像合成装置は、回転移動 R_2 および R_3 と平行移動 T_2 および T_3 を変数として誤差を最小化し、誤差を最小化したときの回転移動 R_2 および R_3 と平行移動 T_2 および T_3 の値を、補正後のカメラ1～3の実際位置とするように構成されている。

30

【0064】

実施の形態1によれば、画像合成装置は、特徴点の正確な3次元座標値を用いることなく、画像上の特徴点の座標値から求める基本行列をもとにカメラ1～3の相対位置を求めるため、特徴点の3次元座標値を測定する必要がない。また、従来のようなカメラ間の位置関係を順に決定している手法と異なり、全てのカメラ間の誤差を一括して最小化するため、特定のカメラ位置への誤差の蓄積が発生せず、全てのカメラ間の誤差を均一に補正することができる。

【0065】

また、画像合成装置は、画像合成部110が、カメラ位置補正部107による補正を経たカメラ1～3の相対位置に基づいて、カメラ1～3の画像を合成するように構成されている。カメラ位置補正部107は、全てのカメラ間の誤差を一括して最小化しているため、この値を用いて合成された合成画像全体について、合成誤差を均一にすることができる。

40

【0066】

実施の形態2。

図9は、本発明の実施の形態2にかかる画像合成装置の構成を示すブロック図である。実施の形態2にかかる画像合成装置は、三角測量の要領により特徴点の概略距離を計測する。上記の実施の形態1と同一の部分には同一の符号を付し、重複する説明を適宜省略する。

50

【0067】

この画像合成装置は、実施の形態1にかかる画像合成装置を構成する各部に加えて、特徴点距離計測部112および特徴点距離データ記憶部113を備える。特徴点距離計測部112は、カメラ部101のうち互いに隣接するカメラ1およびカメラ2、カメラ1およびカメラ3を使用して、物体を対象とする三角測量を実施することで、特徴点までの距離を計測する（特徴点距離計測ステップ）。特徴点距離計測部112は、計測された特徴点までの距離を、特徴点距離データ記憶部113に記憶させる。

【0068】

特徴点距離データ記憶部113は、特徴点の距離データ初期値としての概略距離および特徴点距離計測部112で計測された特徴点の距離を記憶する。特徴点距離設定部111は、特徴点距離データ記憶部113に記憶された特徴点の距離データをカメラ初期位置設定部106へ設定する（特徴点距離補正ステップ）。カメラ初期位置設定部106は、初期位置の算出に使用する概略距離を、特徴点距離計測ステップにおける計測値に置き換える。

10

【0069】

実施の形態2によると、画像合成装置は、カメラ初期位置設定部106が実計測された特徴点の距離データを用いることで、より真値に近い値をカメラ位置の初期値としてカメラ位置補正部107へ出力することができ、カメラ位置補正部107は最適位置以外への誤差収束を防ぐことができる。

【0070】

実施の形態3

図10は、カメラの配置によって合成画像の左右方向のずれが大きくなる場合があることを説明する図である。上記の実施の形態1と同一の部分には同一の符号を付し、重複する説明を適宜省略する。

20

【0071】

例えば、パノラマ画像を取得するためにカメラ部101の各カメラ1および2を水平方向に配置した場合、エピポーラ線315は水平に近くなる傾向となる。そのため、誤差402の水平方向の成分は垂直方向の成分に比べ小さくなり、垂直方向の補正に比べ水平方向の補正が少なく、左右方向のずれが大きくなる。

【0072】

図11は、本発明の実施の形態3にかかる画像合成装置を構成するカメラ部の3つの透視カメラA～Cから、撮像対象307を見たときの関係を示す図である。図11において、透視カメラAは、その光学中心である視点301の位置に配置され、撮像面304の方向を向いている。透視カメラBは、その視点302の位置に配置され、撮像面305の方向を向いている。透視カメラCは、その視点303の位置に配置され、撮像面306の方向を向いている。撮像対象307は、特徴点として撮像面304～306上に抽出および設定される物体であり、透視カメラA～Cと同じ空間に配置されている。

30

【0073】

交点308は、透視カメラAの視点301から撮像対象307へ延びる直線と撮像面304とが交わる点とする。交点309は、透視カメラBの視点302から撮像対象307へ延びる直線と撮像面305とが交わる点とする。交点310は、透視カメラCの視点303から撮像対象307へ延びる直線と撮像面306とが交わる点とする。

40

【0074】

交点308は、透視カメラAが撮像した画像である撮像面304上に設定される特徴点である。交点309は、透視カメラBが撮像した画像である撮像面305上に設定される特徴点である。交点310は、透視カメラCが撮像した画像である撮像面306上に設定される特徴点である。

【0075】

また、透視カメラAの視点301と透視カメラBの視点302とを結ぶ直線が、撮像面304と交わる点を交点311、撮像面305と交わる点を交点313とする。透視カメ

50

ラAの視点301と透視カメラCの視点303とを結ぶ直線が、撮像面304と交わる点を交点312、撮像面306と交わる点を交点314とする。

【0076】

直線315は、交点308と交点311を結ぶ直線である。直線316は、交点308と交点312を結ぶ直線である。直線317は、交点309と交点313を結ぶ直線である。直線318は、交点310と交点314を結ぶ直線である。なお、撮像面304～306上の交点308～314は、二次元の画像座標系の座標値で表される。

【0077】

カメラ部101は、視点301および302と撮像対象307によるエピポラ平面と、視点301および303と撮像対象307によるエピポラ平面とが垂直に交わるように、横方向と縦方向とに組み合わせられた3つのカメラA～Cを含めて構成されている。各カメラA～Cは、直角三角形の頂点に配置される。

10

【0078】

図12は、実施の形態3による画像合成装置のカメラ部におけるカメラ配置による合成画像のずれを示す図である。上述のようにカメラが配置されているため、エピポラ線316を垂直に近い傾向にすることができる。誤差は、垂直方向成分に比べ水平方向の成分が大きくなり、水平方向に対する補正が多くなることで、左右方向のずれを小さくすることができる。

【0079】

図13は、実施の形態3にかかる画像合成装置を構成するカメラ部における各カメラの平行移動により発生したずれと回転移動により発生したずれを説明する図である。実施の形態3よると、カメラ部101は、視点301および302と撮像対象307によるエピポラ平面と、視点301および303と撮像対象307によるエピポラ平面とが垂直に交わるようにカメラA～Cを配置しているため、垂直方向のずれは交点308と直線401との距離402として、水平方向のずれは交点308と直線403との距離404として同時に補正することができる。

20

【符号の説明】

【0080】

1、2、3 カメラ

101 カメラ部

102 画像取得部

103 画像データ記憶部

104 特徴点設定部

105 特徴点位置補正部

106 カメラ初期位置設定部

107 カメラ位置補正部

108 画像補正データ記憶部

109 カメラ位置データ記憶部

110 画像合成部

111 特徴点距離設定部

112 特徴点距離計測部

113 特徴点距離データ記憶部

201、202、203 撮像視野

211、212、213、214、215、216 特徴点

301、302、303 視点

304、305、306 撮像面

307 撮像対象

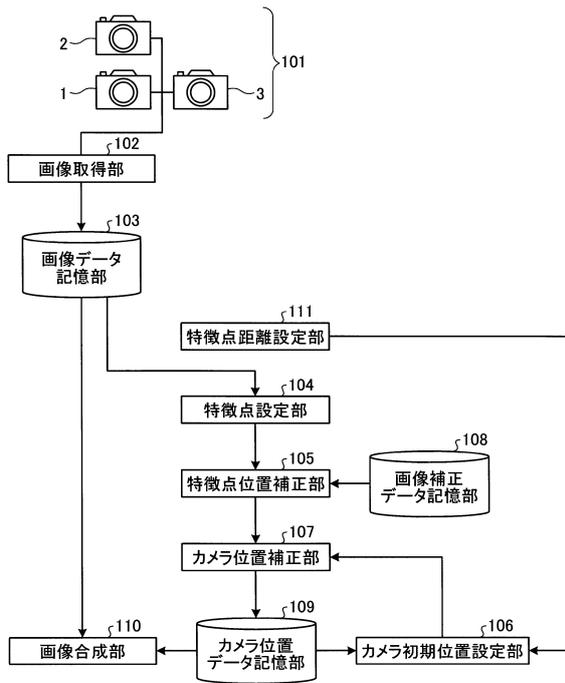
308、309、310、311、312、313、314 交点

315、316、317 直線（エピポラ線）

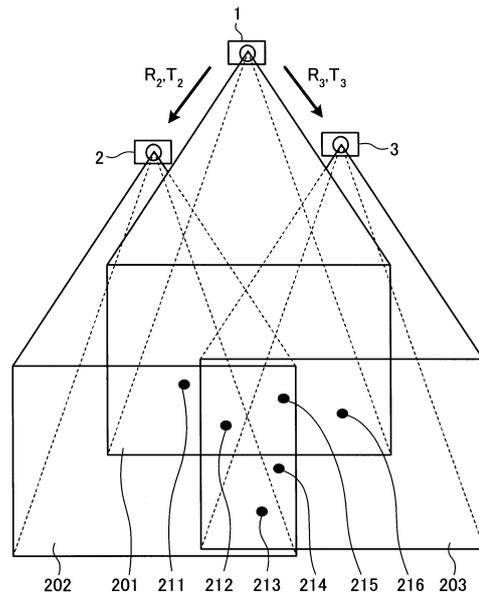
30

40

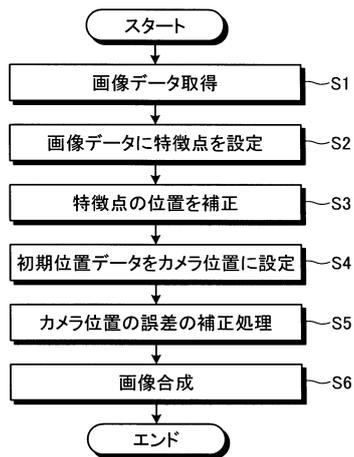
【図1】



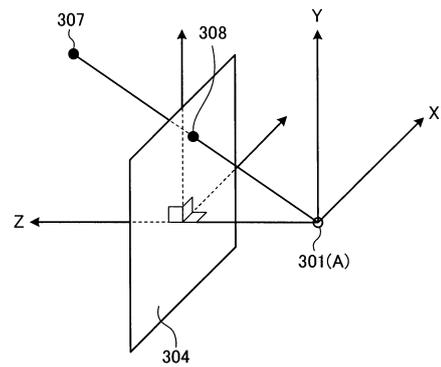
【図2】



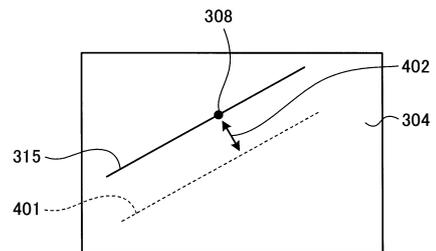
【図3】



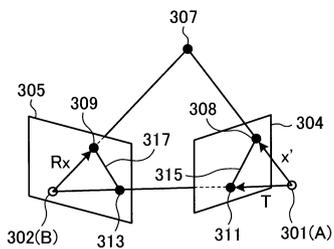
【図5】



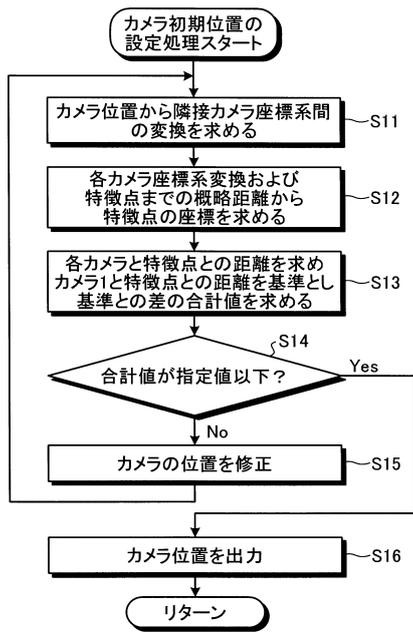
【図6】



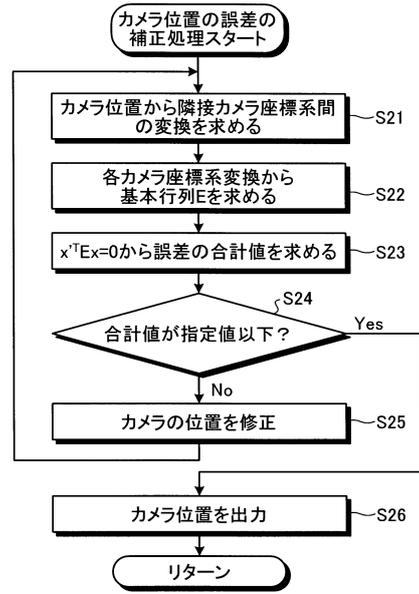
【図4】



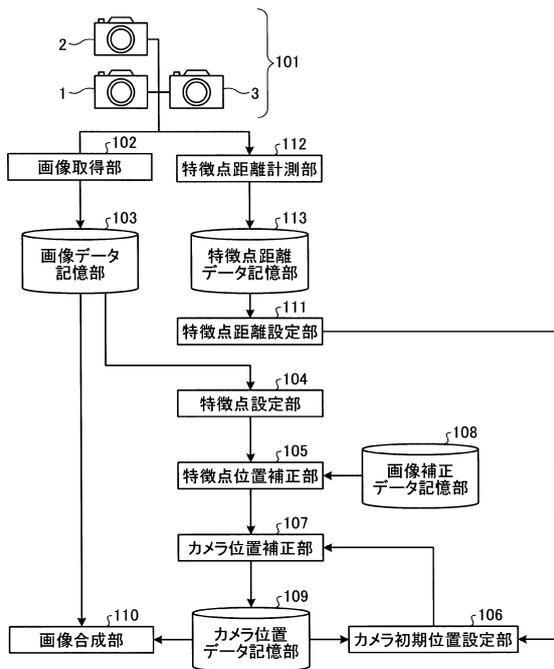
【図7】



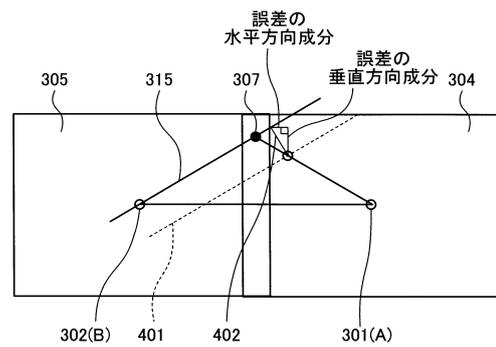
【図8】



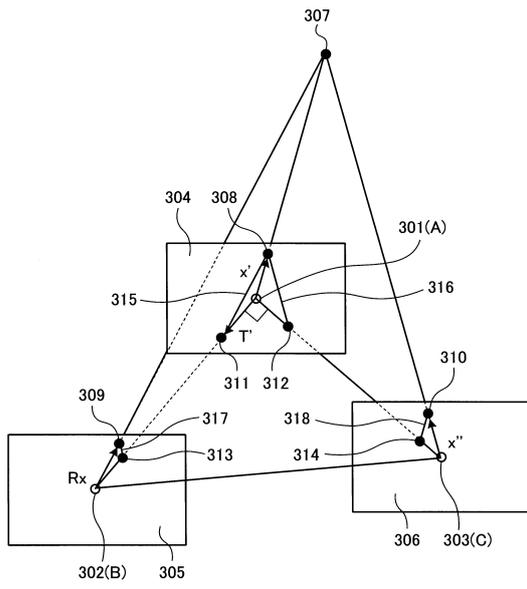
【図9】



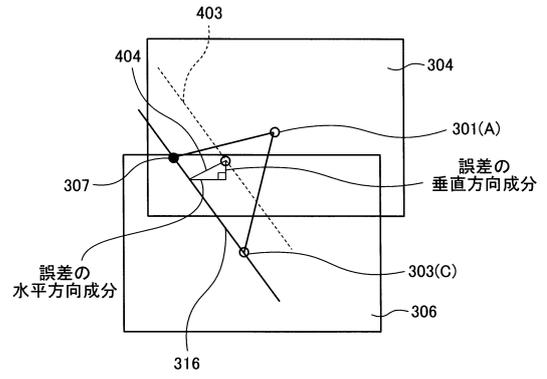
【図10】



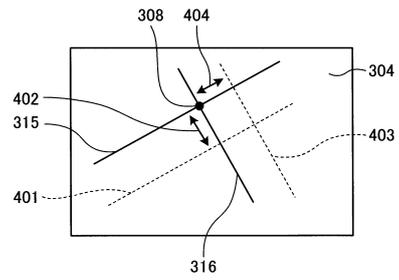
【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2004-354257(JP,A)
特開2003-141527(JP,A)
特開2011-86111(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04N	7/18
G06T	1/00
H04N	5/225
H04N	5/232