

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2018-195967

(P2018-195967A)

(43) 公開日 平成30年12月6日(2018.12.6)

(51) Int.Cl.	F 1		テーマコード (参考)
HO4N 5/232 (2006.01)	HO4N 5/232	290	2FO65
HO4N 7/18 (2006.01)	HO4N 7/18	D	2FO69
GO1B 11/24 (2006.01)	GO1B 11/24	K	5CO54
HO4N 13/20 (2018.01)	HO4N 13/02	390	5CO61
GO1B 21/20 (2006.01)	GO1B 21/20	G	5C122

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2017-98001 (P2017-98001)	(71) 出願人	301021533 国立研究開発法人産業技術総合研究所 東京都千代田区霞が関1-3-1
(22) 出願日	平成29年5月17日 (2017.5.17)	(74) 代理人	100079108 弁理士 稲葉 良幸
		(74) 代理人	100109346 弁理士 大貫 敏史
		(72) 発明者	西 順郎 茨城県つくば市東1-1-1 国立研究開 発法人産業技術総合研究所つくばセンター 内
		(72) 発明者	吉見 隆 茨城県つくば市東1-1-1 国立研究開 発法人産業技術総合研究所つくばセンター 内

最終頁に続く

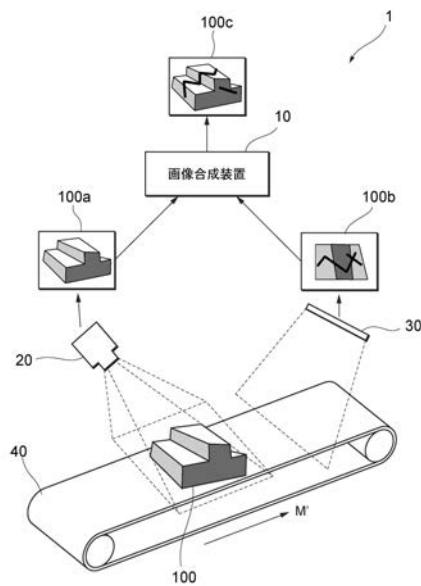
(54) 【発明の名称】撮影システム、画像合成装置、画像合成方法及び画像合成プログラム

(57) 【要約】

【課題】3Dカメラで撮影された画像とラインカメラで撮影された画像を合成して、豊富な情報を含む合成画像を得ることのできる撮影システム等を提供する。

【解決手段】撮影システム1は、3Dカメラ20と、ラインカメラ30と、画像合成装置10と、を含み、画像合成装置10は、3Dカメラ20とマーカーが相対的に一定速度で移動する状況で、3Dカメラ20によってマーカーを撮影した第1画像を取得する第1取得部と、ラインカメラ30とマーカーが相対的に一定速度で移動する状況で、ラインカメラ30によってマーカーを撮影した第2画像を取得する第2取得部と、第1画像及び第2画像に基づいて、3Dカメラ20に付随する座標系とラインカメラ30に付隨する座標系との間の第1座標変換を求める変換部と、第1座標変換を用いて、3Dカメラ20で撮影された画像とラインカメラ30で撮影された画像を合成する合成部と、を備える。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

面状の範囲に収まる対象の3次元形状を撮影する3Dカメラと、
線状の範囲を走査して前記対象を撮影するラインカメラと、
前記3Dカメラで撮影された画像と前記ラインカメラで撮影された画像とを合成する画像合成装置と、を含み、
前記画像合成装置は、
前記3Dカメラとマーカーとが相対的に一定速度で移動する状況で、前記3Dカメラによって前記マーカーを撮影した第1画像を取得する第1取得部と、
前記ラインカメラと前記マーカーとが相対的に前記一定速度で移動する状況で、前記ラインカメラによって前記マーカーを撮影した第2画像を取得する第2取得部と、
前記第1画像及び前記第2画像に基づいて、前記3Dカメラに付随する座標系と前記ラインカメラに付随する座標系との間の第1座標変換を求める変換部と、
前記第1座標変換を用いて、前記3Dカメラで撮影された画像と前記ラインカメラで撮影された画像を合成する合成部と、
を備える撮影システム。

10

【請求項 2】

前記3Dカメラは、前記対象によって反射された光を撮影し、
前記ラインカメラは、前記対象を透過した光を撮影する、
請求項1に記載の撮影システム。

20

【請求項 3】

前記3Dカメラは、可視光を撮影し、
前記ラインカメラは、X線を撮影する、
請求項1又は2に記載の撮影システム。

【請求項 4】

前記対象及び前記マーカーを前記一定速度で移送するコンベアをさらに含み、
前記変換部は、前記3Dカメラに付随する座標系と前記コンベアに付隨する座標系との間の第2座標変換と、前記コンベアに付隨する座標系と前記ラインカメラに付隨する座標系との間の第3座標変換とを組み合わせることで、前記第1座標変換を求める、
請求項1から3のいずれか1項に記載の撮影システム。

30

【請求項 5】

前記変換部は、前記コンベアに付隨する座標系と、前記コンベアに付隨する座標系で定義される平面と前記ラインカメラの撮影範囲との交線に付隨する座標系との間の第4座標変換と、前記交線に付隨する座標系と前記ラインカメラに付隨する座標系との間の第5座標変換とを組み合わせることで、前記第3座標変換を求める、
請求項4に記載の撮影システム。

【請求項 6】

面状の範囲に収まる対象の3次元形状を撮影する3Dカメラとマーカーとが相対的に一定速度で移動する状況で、前記3Dカメラによって前記マーカーを撮影した第1画像を取得する第1取得部と、

40

線状の範囲に収まる前記対象の一部を撮影するラインカメラと前記マーカーとが相対的に前記一定速度で移動する状況で、前記ラインカメラによって前記マーカーを撮影した第2画像を取得する第2取得部と、

前記第1画像及び前記第2画像に基づいて、前記3Dカメラに付隨する座標系と前記ラインカメラに付隨する座標系との間の第1座標変換を求める変換部と、

前記第1座標変換を用いて、前記3Dカメラで撮影された画像と前記ラインカメラで撮影された画像を合成する合成部と、

を備える画像合成装置。

【請求項 7】

面状の範囲に収まる対象の3次元形状を撮影する3Dカメラとマーカーとが相対的に一

50

定速度で移動する状況で、前記 3D カメラによって前記マーカーを撮影した第 1 画像を取得するステップと、

線状の範囲に収まる前記対象の一部を撮影するラインカメラと前記マーカーとが相対的に前記一定速度で移動する状況で、前記ラインカメラによって前記マーカーを撮影した第 2 画像を取得するステップと、

前記第 1 画像及び前記第 2 画像に基づいて、前記 3D カメラに付随する座標系と前記ラインカメラに付随する座標系との間の第 1 座標変換を求めるステップと、

前記第 1 座標変換を用いて、前記 3D カメラで撮影された画像と前記ラインカメラで撮影された画像を合成するステップと、

を含む画像合成方法。

10

【請求項 8】

画像合成装置に備えられたコンピュータを、

面状の範囲に収まる対象の 3 次元形状を撮影する 3D カメラとマーカーとが相対的に一定速度で移動する状況で、前記 3D カメラによって前記マーカーを撮影した第 1 画像を取得する第 1 取得部、

線状の範囲に収まる前記対象の一部を撮影するラインカメラと前記マーカーとが相対的に前記一定速度で移動する状況で、前記ラインカメラによって前記マーカーを撮影した第 2 画像を取得する第 2 取得部、

前記第 1 画像及び前記第 2 画像に基づいて、前記 3D カメラに付随する座標系と前記ラインカメラに付随する座標系との間の第 1 座標変換を求める変換部、及び

20

前記第 1 座標変換を用いて、前記 3D カメラで撮影された画像と前記ラインカメラで撮影された画像を合成する合成部、

として機能させる画像合成プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、撮影システム、画像合成装置、画像合成方法及び画像合成プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、受光素子がマトリクス状に配置されたエリアカメラのみならず、受光素子が線状に配置されたラインカメラや、2つのエリアカメラが並置されたステレオカメラ等の 3D カメラが用いられている。

30

【0003】

下記特許文献 1 には、移動体を移動しながら、少なくとも 2 回異なる方向又は位置から計測点を撮影するように、移動体に搭載したラインカメラで撮影する工程と、少なくとも 2 組の映像内の計測点の像の位置と、計測点を撮影した時点におけるラインカメラの位置および方向から、直交座標系における計測点の位置を演算する工程を備えている計測方法が記載されている。

【先行技術文献】

40

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2006-258486 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

3D カメラとラインカメラはそれぞれ異なる特性を有し、3D カメラとラインカメラで同じ対象を撮影して、3D カメラにより撮影された画像と、ラインカメラにより撮影された画像とを合成して、より豊富な情報を含む合成画像を得ることが考えられる。

【0006】

50

ここで、3Dカメラにより撮影された画像と、ラインカメラにより撮影された画像とを合成するためには、3Dカメラの投影面とラインカメラの投影面とを関係付ける座標変換を求める必要がある。ラインカメラの場合、任意に定義された直交座標系を投影面に関係付けるパラメータは、ラインカメラの位置及び姿勢を表す6自由度と、ラインカメラのレンズ及び受光素子の特性を表す2自由度と、ラインカメラと撮影対象の相対的な移動方向及び速度を表す3自由度との合計11自由度を有する。

【0007】

しかしながら、ラインカメラの投影式を展開して得られる独立変数は9個しかなく、11自由度のパラメータを決定するためには制約が不足するため、3Dカメラにより撮影された画像と、ラインカメラにより撮影された画像とを合成することが困難な場合があった。

10

【0008】

そこで、本発明は、3Dカメラで撮影された画像とラインカメラで撮影された画像を合成して、豊富な情報を含む合成画像を得ることのできる撮影システム、画像合成装置、画像合成方法及び画像合成プログラムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の一態様に係る撮影システムは、面状の範囲に収まる対象の3次元形状を撮影する3Dカメラと、線状の範囲を走査して対象を撮影するラインカメラと、3Dカメラで撮影された画像とラインカメラで撮影された画像を合成する画像合成装置と、を含み、画像合成装置は、3Dカメラとマーカーが相対的に一定速度で移動する状況で、3Dカメラによってマーカーを撮影した第1画像を取得する第1取得部と、ラインカメラとマーカーが相対的に一定速度で移動する状況で、ラインカメラによってマーカーを撮影した第2画像を取得する第2取得部と、第1画像及び第2画像に基づいて、3Dカメラに付随する座標系とラインカメラに付随する座標系との間の第1座標変換を求める変換部と、第1座標変換を用いて、3Dカメラで撮影された画像とラインカメラで撮影された画像を合成する合成部と、を備える。

20

【0010】

この態様によれば、3Dカメラとラインカメラそれぞれによって移動するマーカーを撮影することで、ラインカメラと対象の相対速度を明らかにでき、3Dカメラに付随する座標系とラインカメラに付随する座標系との間の第1座標変換を一意に求めることができる。これにより、3Dカメラで撮影された画像とラインカメラで撮影された画像を合成して、豊富な情報を含む合成画像を得ることができる。

30

【0011】

上記態様において、3Dカメラは、対象によって反射された光を撮影し、ラインカメラは、対象を透過した光を撮影してもよい。

【0012】

この態様によれば、3Dカメラによって対象の立体的な外形を撮影し、ラインカメラによって対象の内部形状を撮影することができ、対象の立体的な形状と内部形状を同時に把握することができる合成画像を得ることができる。

40

【0013】

上記態様において、3Dカメラは、可視光を撮影し、ラインカメラは、X線を撮影してもよい。

【0014】

上記態様において、対象及びマーカーを一定速度で移送するコンベアをさらに含み、変換部は、3Dカメラに付随する座標系とコンベアに付隨する座標系との間の第2座標変換と、コンベアに付隨する座標系とラインカメラに付隨する座標系との間の第3座標変換とを組み合わせることで、第1座標変換を求めてよい。

【0015】

この態様によれば、3Dカメラに付隨する座標系とラインカメラに付隨する座標系との

50

間の第1座標変換を、コンベアに付随する座標系を経由するように求めることで、対象の移動方向を単純に表すことのできる座標系を用いることができ、第1座標変換を比較的単純な座標変換の積によって求めることができる。

【0016】

上記態様において、変換部は、コンベアに付随する座標系と、コンベアに付随する座標系で定義される平面とラインカメラの撮影範囲との交線に付随する座標系との間の第4座標変換と、交線に付随する座標系とラインカメラに付随する座標系との間の第5座標変換とを組み合わせることで、第3座標変換を求めてよい。

【0017】

この態様によれば、コンベアに付随する座標系とラインカメラに付随する座標系との間の第3座標変換を、コンベアに付隨する座標系で定義される平面とラインカメラの撮影範囲との交線に付隨する座標系を経由するように求めることで、コンベアとラインカメラが任意の位置関係にある場合であっても、第3座標変換を比較的単純な座標変換の積によって求めることができる。

10

【0018】

他の態様に係る画像合成装置は、面状の範囲に収まる対象の3次元形状を撮影する3Dカメラとマーカーが相対的に一定速度で移動する状況で、3Dカメラによってマーカーを撮影した第1画像を取得する第1取得部と、線状の範囲に収まる対象の一部を撮影するラインカメラとマーカーが相対的に一定速度で移動する状況で、ラインカメラによってマーカーを撮影した第2画像を取得する第2取得部と、第1画像及び第2画像に基づいて、3Dカメラに付隨する座標系とラインカメラに付隨する座標系との間の第1座標変換を求める変換部と、第1座標変換を用いて、3Dカメラで撮影された画像とラインカメラで撮影された画像を合成する合成部と、を備える。

20

【0019】

この態様によれば、3Dカメラとラインカメラそれぞれによって移動するマーカーを撮影することで、ラインカメラと対象の相対速度を明らかにことができ、3Dカメラに付隨する座標系とラインカメラに付隨する座標系との間の第1座標変換を一意に求めることができる。これにより、3Dカメラで撮影された画像とラインカメラで撮影された画像を合成して、豊富な情報を含む合成画像を得ることができる。

30

【0020】

他の態様に係る画像合成方法は、面状の範囲に収まる対象の3次元形状を撮影する3Dカメラとマーカーが相対的に一定速度で移動する状況で、3Dカメラによってマーカーを撮影した第1画像を取得するステップと、線状の範囲に収まる対象の一部を撮影するラインカメラとマーカーが相対的に一定速度で移動する状況で、ラインカメラによってマーカーを撮影した第2画像を取得するステップと、第1画像及び第2画像に基づいて、3Dカメラに付隨する座標系とラインカメラに付隨する座標系との間の第1座標変換を求めるステップと、第1座標変換を用いて、3Dカメラで撮影された画像とラインカメラで撮影された画像を合成するステップと、を含む。

【0021】

この態様によれば、3Dカメラとラインカメラそれぞれによって移動するマーカーを撮影することで、ラインカメラと対象の相対速度を明らかにでき、3Dカメラに付隨する座標系とラインカメラに付隨する座標系との間の第1座標変換を一意に求めることができる。これにより、3Dカメラで撮影された画像とラインカメラで撮影された画像を合成して、豊富な情報を含む合成画像を得ることができる。

40

【0022】

他の態様に係る画像合成プログラムは、画像合成装置に備えられたコンピュータを、面状の範囲に収まる対象の3次元形状を撮影する3Dカメラとマーカーが相対的に一定速度で移動する状況で、3Dカメラによってマーカーを撮影した第1画像を取得する第1取得部、線状の範囲に収まる対象の一部を撮影するラインカメラとマーカーが相対的に一定速度で移動する状況で、ラインカメラによってマーカーを撮影した第2画像を取得する第2取得部、

50

取得部、第1画像及び第2画像に基づいて、3Dカメラに付随する座標系とラインカメラに付随する座標系との間の第1座標変換を求める変換部、及び第1座標変換を用いて、3Dカメラで撮影された画像とラインカメラで撮影された画像を合成する合成部、として機能させる。

【0023】

この様によれば、3Dカメラとラインカメラそれぞれによって移動するマーカーを撮影することで、ラインカメラと対象の相対速度を明らかにすことができる、3Dカメラに付随する座標系とラインカメラに付随する座標系との間の第1座標変換を一意に求めることができる。これにより、3Dカメラで撮影された画像とラインカメラで撮影された画像を合成して、豊富な情報を含む合成画像を得ることができる。

10

【発明の効果】

【0024】

本発明によれば、3Dカメラで撮影された画像とラインカメラで撮影された画像を合成して、豊富な情報を含む合成画像を得ることのできる撮影システム、画像合成装置、画像合成方法及び画像合成プログラムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】本発明の実施形態に係る撮影システムの概要を示す図である。

【図2】本発明の実施形態に係る画像合成装置の物理的な構成を示す図である。

20

【図3】本発明の実施形態に係る画像合成装置の機能ブロック図である。

【図4】本発明の実施形態に係る撮影システムにおいて用いられる座標系を示す図である。

【図5】本発明の実施形態に係る撮影システムによって実行される第1処理のフローチャートである。

【図6】本発明の実施形態に係る撮影システムによって実行される第2処理のフローチャートである。

【図7】本発明の実施形態に係る撮影システムによって実行される第3処理のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0026】

添付図面を参照して、本発明の実施形態について説明する。なお、各図において、同一の符号を付したもののは、同一又は同様の構成を有する。

30

【0027】

図1は、本発明の実施形態に係る撮影システム1の概要を示す図である。撮影システム1は、3Dカメラ20と、ラインカメラ30と、3Dカメラ20で撮影された画像とラインカメラ30で撮影された画像を合成する画像合成装置10と、コンベア40と、を含む。

40

【0028】

3Dカメラ20は、面状の範囲に収まる対象100の3次元形状を撮影する。3Dカメラ20は、例えばステレオカメラであってよい。本実施形態に係る撮影システム1の場合、3Dカメラ20は、対象100によって反射された可視光を撮影する。もっとも、3Dカメラ20は、対象100を透過した光を撮影してもよいし、可視光以外の光、例えば赤外線や紫外線、X線等を撮影するものであってもよい。

【0029】

ラインカメラ30は、線状の範囲を走査して対象100を撮影する。ラインカメラ30は、画素センサが一列に並んだラインセンサであってよい。本実施形態に係る撮影システム1の場合、ラインカメラ30は、対象を透過したX線を撮影する。もっとも、ラインカメラ30は、対象100で反射された光を撮影してもよいし、X線以外の光、例えば赤外線や紫外線、可視光等を撮影するものであってもよい。

【0030】

50

画像合成装置 10 は、3D カメラ 20 で撮影された第 1 画像 100a とラインカメラ 30 で撮影された第 2 画像 100b を合成して、合成画像 100c を出力する。本例において、対象 100 は、立体的な外形状と内部形状を有する。対象 100 の立体的な外形状は、3D カメラ 20 によって撮影され、第 1 画像 100a に表される。また、対象 100 の内部形状は、ラインカメラ 30 によって撮影され、第 2 画像 100b に表される。画像合成装置 10 は、第 1 画像 100a 及び第 2 画像 100b を合成して、立体的な外形状と内部形状を一目で把握することのできる合成画像 100c を生成する。

【0031】

コンベア 40 は、対象 100 とマーカーを一定速度 M' で移送する。コンベア 40 は、ベルトコンベアやローラコンベアであってよい。ここで、マーカーは、画像合成装置 10 によって、3D カメラ 20 に付随する座標系とラインカメラ 30 に付隨する座標系との間の第 1 座標変換を求めるために用いられるものである。マーカーは、例えば平面に 3 点のマークを有するものであってよく、任意のものを用いてよいが、3D カメラ 20 で可視光を撮影し、ラインカメラ 30 で X 線を撮影する場合、可視光及び X 線のいずれであっても撮影可能な材質でマークが形成されているものであるとよい。例えば、所定の形状の金属で形成されたマークを有するものであるとよい。なお、本実施形態に係る撮影システム 1 は、コンベア 40 によって対象 100 を一定速度 M' で移送するが、撮影システム 1 は、コンベア 40 を含まなくてもよい。その場合、ラインカメラ 30 が、所定の方向に一定速度 M' で移動する構成としてよい。

【0032】

図 2 は、本発明の実施形態に係る画像合成装置 10 の物理的な構成を示す図である。画像合成装置 10 は、ハードウェアプロセッサに相当する CPU (Central Processing Unit) 10a と、メモリに相当する RAM (Random Access Memory) 10b と、メモリに相当する ROM (Read only Memory) 10c と、通信部 10d と、入力部 10e と、表示部 10f とを有する。これら各構成は、バスを介して相互にデータ送受信可能に接続される。
。

【0033】

CPU 10a は、RAM 10b 又は ROM 10c に記憶されたプログラムの実行に関する制御やデータの演算、加工を行う制御部である。CPU 10a は、画像の合成を行うためのアプリケーションを実行する演算装置である。CPU 10a は、入力部 10e や通信部 10d から種々の入力データを受け取り、入力データの演算結果を表示部 10f に表示したり、RAM 10b や ROM 10c に格納したりする。

【0034】

RAM 10b は、データの書き換えが可能な記憶部であり、例えば半導体記憶素子で構成される。RAM 10b は、CPU 10a が実行するアプリケーション等のプログラムやデータを記憶する。

【0035】

ROM 10c は、データの読み出しのみが可能な記憶部であり、例えば半導体記憶素子で構成される。ROM 10c は、例えばファームウェア等のプログラムやデータを記憶する。

【0036】

通信部 10d は、画像合成装置 10 を通信ネットワークに接続するインターフェースであり、例えば、有線又は無線回線のデータ伝送路により構成された LAN (Local Area Network)、WAN (Wide Area Network)、インターネット等の通信ネットワークに接続される。

【0037】

入力部 10e は、ユーザからデータの入力を受け付けるものであり、例えば、キーボードやマウス、タッチパネルで構成される。

【0038】

表示部 10f は、CPU 10a による演算結果を視覚的に表示するものであり、例えば

10

20

30

40

50

、LCD (Liquid Crystal Display) により構成される。

【0039】

画像合成装置10は、一般的のパーソナルコンピュータのCPU10aによって本実施形態に係る画像合成プログラムを実行することで構成されてよい。画像合成プログラムは、RAM10bやROM10c等のコンピュータによって読み取り可能な記憶媒体に記憶されて提供されてもよいし、通信部10dにより接続される通信ネットワークを介して提供されてもよい。なお、これらの物理的な構成は例示であって、必ずしも独立した構成でなくてもよい。例えば、画像合成装置10は、CPU10aとRAM10bやROM10cが一体化したLSI (Large-Scale Integration) を備えてもよい。

【0040】

図3は、本発明の実施形態に係る画像合成装置10の機能ブロック図である。画像合成装置10は、第1取得部11、第2取得部12、変換部13、記憶部14及び合成部15を備える。

【0041】

第1取得部11は、3Dカメラ20とマーカーが相対的に一定速度M'で移動する状況で、3Dカメラ20によってマーカーを撮影した第1画像を取得する。第1取得部11は、3Dカメラ20とマーカーが相対的に一定速度で移動する状況で、3Dカメラ20によってマーカーを少なくとも2回撮影した、少なくとも2枚の第1画像を取得する。

【0042】

第2取得部12は、ラインカメラ30とマーカーが相対的に一定速度M'で移動する状況で、ラインカメラ30によってマーカーを撮影した第2画像を取得する。第2取得部12は、ラインカメラ30とマーカーが相対的に一定速度M'で移動する状況で、ラインカメラ30によってマーカーを複数回撮影した、複数の第2画像を取得する。

【0043】

変換部13は、第1画像及び第2画像に基づいて、3Dカメラ20に付随する座標系C1とラインカメラ30に付随する座標系C4との間の第1座標変換Rを求める。変換部13は、第1変換部13a、第2変換部13b、第3変換部13c、第4変換部13d及び第5変換部13eを含む。第2変換部13bは、3Dカメラ20に付随する座標系C1とコンベア40に付随する座標系C2との間の第2座標変換Aを求める。第3変換部13cは、コンベア40に付随する座標系C2とラインカメラ30に付隨する座標系C4との間の第3座標変換Bを求める。第1変換部13aは、第2座標変換Aと第3座標変換Bを組み合わせることで、第1座標変換Rを求める。

【0044】

また、第4変換部13dは、コンベア40に付隨する座標系C2と、コンベア40に付隨する座標系で定義される平面とラインカメラ30の撮影範囲との交線に付隨する座標系C3との間の第4座標変換Qを求める。第5変換部13eは、交線に付隨する座標系C3とラインカメラ30に付隨する座標系C4との間の第5座標変換Pを求める。第3変換部13cは、第4座標変換Qと第5座標変換Pを組み合わせることで、第3座標変換Bを求める。

【0045】

記憶部14は、変換部13によって求められた種々の座標変換を記憶する。合成部15は、第1座標変換Rを用いて、3Dカメラ20で撮影された画像とラインカメラ30で撮影された画像を合成する。

【0046】

図4は、本発明の実施形態に係る撮影システム1において用いられる座標系を示す図である。同図には、3Dカメラ20に付隨する座標系C1(X, Y, Z)を実線で示し、コンベア40に付隨する座標系C2(X', Y', Z')を破線で示し、コンベア40に付隨する座標系で定義される平面とラインカメラ30の撮影範囲との交線に付隨する座標系C3(, y,)を二点鎖線で示し、ラインカメラ30に付隨する座標系C4(x, y, z)を一点鎖線で示している。また、3Dカメラ20に付隨する座標系C1とラインカ

10

20

30

40

50

メラ 3 0 に付随する座標系 C 4 との間の第 1 座標変換 R、3 D カメラ 2 0 に付随する座標系 C 1 とコンベア 4 0 に付随する座標系 C 2 との間の第 2 座標変換 A、コンベア 4 0 に付随する座標系 C 2 とラインカメラ 3 0 に付随する座標系 C 4 との間の第 3 座標変換 B、コンベア 4 0 に付随する座標系 C 2 と、コンベア 4 0 に付随する座標系で定義される平面とラインカメラ 3 0 の撮影範囲との交線に付随する座標系 C 3 との間の第 4 座標変換 Q、及び交線に付随する座標系 C 3 とラインカメラ 3 0 に付随する座標系 C 4 との間の第 5 座標変換 P を示している。

【 0 0 4 7 】

3 D カメラ 2 0 に付随する座標系 C 1 は、例えば原点が 3 D カメラ 2 0 の重心に位置して、Z 軸方向が光軸方向を向く座標系であってよい。もっとも、3 D カメラ 2 0 に付隨する座標系 C 1 は、ワールド座標系であってよく、他の座標系の基準となるものであればどのような座標系であってもよい。

10

【 0 0 4 8 】

コンベア 4 0 に付隨する座標系 C 2 は、Y' 軸がコンベア 4 0 の移送方向を向き、Z' 軸がコンベアの移送平面と直交する座標系であってよい。X' 軸は、Y' 軸及び Z' 軸に直交する軸として定義される。なお、図 4 では、コンベア 4 0 は、紙面奥から手前に向かって、速度 M' で対象 1 0 0 やマーカーを移送するものとして図示されている。

20

【 0 0 4 9 】

コンベア 4 0 に付隨する座標系で定義される平面とラインカメラ 3 0 の撮影範囲との交線に付隨する座標系 C 3 は、コンベア 4 0 に付隨する座標系 C 2 で定義される X' - Y' 平面と、ラインカメラ 3 0 の撮影範囲との交線が z 軸を有し、ラインカメラ 3 0 の撮影平面に直交する方向に y 軸を有する座標系である。z 軸は、y 軸及び y 軸に直交する軸として定義される。

20

【 0 0 5 0 】

ラインカメラ 3 0 に付隨する座標系 C 4 は、ラインカメラ 3 0 の光軸方向に z 軸を有し、ラインカメラ 3 0 の撮影平面に直交する方向に y 軸を有する座標系である。x 軸は、y 軸及び z 軸に直交する軸として定義される。なお、ラインカメラ 3 0 に付隨する座標系 C 4 の y 軸は、交線に付隨する座標系 C 3 の y 軸と平行である。

30

【 0 0 5 1 】

図 5 は、本発明の実施形態に係る撮影システム 1 によって実行される第 1 処理のフローチャートである。第 1 処理は、第 1 変換部 1 3 a によって、3 D カメラ 2 0 に付隨する座標系 C 1 とラインカメラ 3 0 に付隨する座標系 C 4 との間の第 1 座標変換 R を求める処理である。

30

【 0 0 5 2 】

撮影システム 1 は、3 D カメラ 2 0 によって、移動するマーカーを少なくとも 2 回撮影する (S 1 0)。また、撮影システム 1 は、ラインカメラ 3 0 によって、移動するマーカーを複数回撮影する (S 1 1)。画像合成装置 1 0 は、3 D カメラ 2 0 によって撮影された画像及びラインカメラ 3 0 によって撮影された画像に基づいて、3 D カメラ 2 0 に付隨する座標系 C 1 とラインカメラ 3 0 に付隨する座標系 C 4 との間の第 1 座標変換 R を求める (S 1 2)。第 1 座標変換 R を求める処理の詳細については、図 6 及び 7 を用いて詳細に説明する。

40

【 0 0 5 3 】

本実施形態に係る撮影システム 1 によれば、3 D カメラ 2 0 とラインカメラ 3 0 それぞれによって移動するマーカーを撮影することで、ラインカメラ 3 0 と対象 1 0 0 の相対速度を明らかにすることができます、3 D カメラ 2 0 に付隨する座標系 C 1 とラインカメラ 3 0 に付隨する座標系 C 4 との間の第 1 座標変換 R を一意に求めることができる。これにより、3 D カメラ 2 0 で撮影された画像とラインカメラ 3 0 で撮影された画像を合成して、豊富な情報を含む合成画像を得ることができる。

【 0 0 5 4 】

また、3 D カメラ 2 0 によって対象 1 0 0 によって反射された可視光を撮影し、ライン

50

カメラ30によって対象100を透過したX線を撮影することで、3Dカメラ20によって対象100の立体的な外形を撮影し、ラインカメラ30によって対象100の内部形状を撮影することができ、対象100の立体的な形状と内部形状を同時に把握することができる合成画像を得ることができる。

【0055】

図6は、本発明の実施形態に係る撮影システム1によって実行される第2処理のフローチャートである。第2処理は、第1変換部13aによって、第2変換部13bにより求められた第2座標変換Aと、第3変換部13cにより求められた第3座標変換Bとを組み合わせて、第1座標変換Rを求める処理である。第2処理は、図5において示した処理S12を詳細に説明するものである。

10

【0056】

第2変換部13bは、3Dカメラ20とマーカーが相対的に一定速度M'で移動する状況で、3Dカメラ20によってマーカーを少なくとも2回撮影した、少なくとも2枚の第1画像に基づいて、移動方向を表す単位ベクトル(a_{10}, a_{11}, a_{12})を算出する。また、少なくとも2枚の第1画像に基づいて、単位ベクトル(a_{10}, a_{11}, a_{12})に直交する他の単位ベクトル(a_{20}, a_{21}, a_{22})を算出する。そして、第2変換部13bは、以下の数式(1)によって、3Dカメラ20に付随する座標系C1とコンベア40に付随する座標系C2との間の第2座標変換Aを求める(S13)。

【0057】

【数1】

$$\begin{pmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \\ 1 \end{pmatrix} = \mathbf{A} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21} & a_{12}a_{20} - a_{10}a_{21} & a_{10}a_{21} - a_{11}a_{20} & a_{03} \\ a_{10} & a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{20} & a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{pmatrix}$$

20

【0058】

ここで、3Dカメラ20に付随する座標系C1及びコンベア40に付随する座標系C2を、それぞれ齊次座標(射影座標)で表している。行列Aの1行目の1~3列は、単位ベクトル(a_{10}, a_{11}, a_{12})と単位ベクトル(a_{20}, a_{21}, a_{22})の外積であり、両ベクトルに直交する方向を示す単位ベクトルである。行列Aの4列目は、座標系の原点を合わせるための平行移動成分である。

30

【0059】

第3変換部13cは、コンベア40に付随する座標系C2とラインカメラ30に付隨する座標系C4との間の第3座標変換Bを算出する(S14)。当該処理の詳細は、次図を用いて説明する。第1変換部13aは、第2座標変換Aと第3座標変換Bを組み合わせて、第1座標変換Rを算出する(S15)。具体的には、 $R = BA$ によって、第1座標変換Rを求める。

30

【0060】

本実施形態に係る撮影システム1によれば、3Dカメラ20に付隨する座標系C1とラインカメラ30に付隨する座標系C4との間の第1座標変換Rを、コンベア40に付隨する座標系C2を経由するように求めることで、対象100の移動方向を単純に表すことのできる座標系を用いることができ、第1座標変換Rを比較的単純な座標変換の積によって求めることができる。

40

【0061】

図7は、本発明の実施形態に係る撮影システム1によって実行される第3処理のフローチャートである。第3処理は、第3変換部13cによって、第4変換部13dにより求められた第4座標変換Qと、第5変換部13eにより求められた第5座標変換Pとを組み合わせて、第3座標変換Bを求める処理である。第3処理は、図6において示した処理S14を詳細に説明するものである。

【0062】

はじめに、ラインカメラ30によって撮影された画像の画素の位置を示す2次元座標(

50

s ,)と、ラインカメラ30に付随する座標系C4(x , y , z)との関係について説明する。ラインカメラ30によって撮影された画像は、ラインカメラ30の画素センサが並ぶ方向を表す座標値 s と、撮影対象がラインカメラ30に付随する座標系C4において移動ベクトル(l , m , n)で移動している場合における時間方向の座標値 τ と、によって画素の位置が表される。ラインカメラ30によって撮影された画像の画素の位置を示す2次元座標(s ,)と、ラインカメラ30に付随する座標系C4(x , y , z)との関係は、以下の数式(2)で表される。

【0063】

【数2】

$$\begin{cases} s = \frac{x + l\tau}{z + n\tau} f + s_0 \\ \tau = -\frac{y}{m} \end{cases}$$

【0064】

ここで、 f は、ラインカメラ30の画素数換算での焦点距離であり、 s_0 は、水平中心である。第4変換部13dは、コンベア40に付随する座標系C2と、コンベア40に付随する座標系で定義される平面とラインカメラ30の撮影範囲との交線に付随する座標系C3との間の第4座標変換Qを以下の手順で算出する(S20)。はじめに、ラインカメラ30の撮影平面(被写界平面、ラインカメラ30の視野範囲)は、 y 軸に直交する平面であり、以下の数式(3)の q_{10} , q_{11} , q_{12} 及び q_{13} によって指定される。

【0065】

【数3】

$$q_{10}X' + q_{11}Y' + q_{12}Z' + q_{13} = 0$$

【0066】

これらの値を用いると、コンベア40の移動ベクトルは、(l , m , n) = ($q_{10}M'$, $q_{11}M'$, $q_{12}M'$)と表される。また、ラインカメラ30で撮影された画像の時間方向の座標値 τ は、以下の数式(4)で表される。

【0067】

【数4】

$$\tau = -\frac{y}{m} = -\frac{q_{10}X' + q_{11}Y' + q_{12}Z' + q_{13}}{q_{11}M'}$$

【0068】

数式(4)を Y' について解くと、以下の数式(5)が得られる。

【0069】

【数5】

$$Y' = -\frac{q_{10}}{q_{11}}X' - \frac{q_{12}}{q_{11}}Z' - \frac{q_{13}}{q_{11}} - M'\tau$$

【0070】

ここで、 X' , Y' , Z' 及び τ は、ラインカメラ30によってマーカーを複数回撮影する毎に実測可能な値である。第4変換部13dは、実測された X' , Y' , Z' 及び τ の値に基づいて、 q_{10} , q_{11} , q_{12} 及び q_{13} を算出する。第4変換部13dは、実測された X' , Y' , Z' 及び τ の値に基づいて、最小二乗法で q_{10} , q_{11} , q_{12} 及び q_{13} を算出してよい。

【0071】

q_{10} , q_{11} , q_{12} 及び q_{13} を算出した後、第4変換部13dは、以下の数式(6)によって、コンベア40に付随する座標系C2で定義される X' - Y' 平面とラインカメラ30の撮影範囲との交線 L を求める。

【0072】

10

20

30

40

【数6】

$$\psi = \begin{cases} X' = \frac{q_{11}}{\sqrt{(q_{10}^2 + q_{11}^2)}} \eta - \frac{q_{12}}{q_{10}} \\ Y' = -\frac{q_{10}}{\sqrt{(q_{10}^2 + q_{11}^2)}} \eta \\ Z' = 0 \end{cases}$$

【0073】

ここで、 η は、媒介変数である。これにより、 Z' 軸が定められる。第4変換部13dは、以下の数式(7)によって、第4座標変換Qを求める。

【0074】

10

【数7】

$$\begin{pmatrix} \psi \\ y \\ \omega \\ 1 \end{pmatrix} = Q \begin{pmatrix} X' \\ Y' + M'\tau \\ Z' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{q_{11}}{\sqrt{(q_{10}^2 + q_{11}^2)}} & -\frac{q_{10}}{\sqrt{(q_{10}^2 + q_{11}^2)}} & 0 & 0 \\ -\frac{q_{10}}{\sqrt{(q_{10}^2 + q_{11}^2)}} & \frac{q_{11}}{\sqrt{(q_{10}^2 + q_{11}^2)}} & q_{12} & q_{13} \\ 0 & 0 & \sqrt{(q_{10}^2 + q_{11}^2)} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X' \\ Y' + M'\tau \\ Z' \\ 1 \end{pmatrix}$$

【0075】

次に、第5変換部13eは、交線に付随する座標系C3とラインカメラ30に付随する座標系C4との間の第5座標変換Pを算出する(S21)。第5変換部13eは、以下の数式(8)の p_{00} , p_{01} , p_{02} 及び p_{12} を求ることで、第5座標変換Pを算出する。

20

【0076】

【数8】

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix} = P \begin{pmatrix} \psi \\ y \\ \omega \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} p_{00} & 0 & p_{01} & p_{02} \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -p_{01} & 0 & p_{00} & p_{12} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \psi \\ y \\ \omega \\ 1 \end{pmatrix}$$

【0077】

ラインカメラ30の画素センサが並ぶ方向を表す座標値 s は、ラインカメラ30に付随する座標系C4(x , y , z)と、交線に付随する座標系C3(, y ,)と、を用いてそれぞれ以下の数式(9)のように表される。

30

【0078】

【数9】

$$s = \frac{x}{z}f + s_0 = \frac{p_{00}\psi + p_{01}\omega + p_{02}}{-p_{01}\psi + p_{00}\omega + p_{12}} f + s_0$$

【0079】

数式(9)の最右辺を、以下の数式(11)で定義される h_0 , h_1 , h_2 , h_3 及び h_4 で表すと、以下の数式(10)となる。

40

【0080】

【数10】

$$s = h_0\psi + h_1\omega + h_2 - h_3s\psi - h_4s\omega$$

【0081】

【数11】

$$p_{12} = \frac{1}{\sqrt{(h_3^2 + h_4^2)}}, p_{00} = h_4p_{12}, p_{01} = -h_3p_{12}, \begin{cases} p_{00}f - p_{01}s_0 = h_0p_{12} \\ p_{01}f + p_{00}s_0 = h_1p_{12} \end{cases}, p_{02} = p_{12}(h_2 - s_0)/f$$

【0082】

第5変換部13eは、実測された s , 及びの値に基づいて、 h_0 , h_1 , h_2 , h_3 及び h_4 を算出する。第5変換部13eは、実測された s , 及びの値に基づいて、最小二乗法で h_0 , h_1 , h_2 , h_3 及び h_4 を算出してよい。

【0083】

50

第3変換部13cは、第4座標変換Qと第5座標変換Pを組み合わせて、第3座標変換Bを算出する(S22)。具体的には、 $B = P Q$ によって、第3座標変換Bを求める。

【0084】

本実施形態に係る撮影システム1によれば、コンベア40に付随する座標系C2とラインカメラ30に付随する座標系C4との間の第3座標変換Bを、コンベア40に付随する座標系C2で定義される平面とラインカメラ30の撮影範囲との交線に付随する座標系C3を経由するように求めることで、コンベア40とラインカメラ30が任意の位置関係にある場合であっても、第3座標変換Bを比較的単純な座標変換の積によって求めることができる。

【0085】

第1変換部13aは、第2座標変換A、第4座標変換Q及び第5座標変換Pを組み合わせて、第1座標変換Rを求める。具体的には、 $R = P Q A$ によって、第1座標変換Rを求める。行列Rの成分を明示すると、以下の式(12)のようになる。

【0086】

【数12】

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix} &= \mathbf{R} \begin{pmatrix} X + L\tau \\ Y + M\tau \\ Z + N\tau \\ 1 \end{pmatrix} = \mathbf{PQA} \begin{pmatrix} X + L\tau \\ Y + M\tau \\ Z + N\tau \\ 1 \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} \frac{p_{00}q_{11} - p_{01}q_{10}q_{12}}{\sqrt{(q_{10}^2 + q_{11}^2)}} & -\frac{p_{00}q_{10} + p_{01}q_{11}q_{12}}{\sqrt{(q_{10}^2 + q_{11}^2)}} & p_{01}\sqrt{(q_{10}^2 + q_{11}^2)} & p_{02} \\ q_{10} & q_{11} & q_{12} & q_{13} \\ -\frac{(p_{00}q_{10}q_{12} + p_{01}q_{11})}{\sqrt{(q_{10}^2 + q_{11}^2)}} & \frac{(-p_{00}q_{11}q_{12} + p_{01}q_{10})}{\sqrt{(q_{10}^2 + q_{11}^2)}} & p_{00}\sqrt{(q_{10}^2 + q_{11}^2)} & p_{12} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \mathbf{A} \begin{pmatrix} X + L\tau \\ Y + M\tau \\ Z + N\tau \\ 1 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

【0087】

なお、式(12)では、3Dカメラ20に付随する座標系C1の座標値を、3Dカメラ20に付随する座標系C1におけるコンベア40の移動ベクトル(L, M, N)だけとして表している。

【0088】

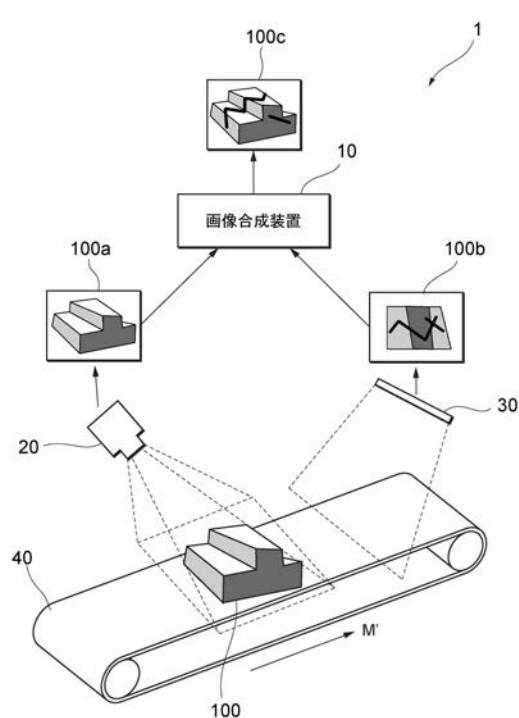
以上説明した実施形態は、本発明の理解を容易にするためのものであり、本発明を限定して解釈するためのものではない。実施形態が備える各要素並びにその配置、材料、条件、形状及びサイズ等は、例示したものに限定されるわけではなく適宜変更することができる。また、異なる実施形態で示した構成同士を部分的に置換し又は組み合わせることが可能である。

【符号の説明】

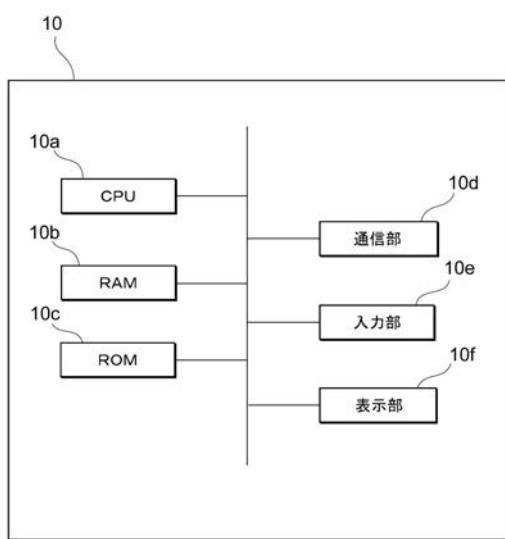
【0089】

1...撮影システム、10...画像合成装置、10a...CPU、10b...RAM、10c...ROM、10d...通信部、10e...入力部、10f...表示部、11...第1取得部、12...第2取得部、13...変換部、13a...第1変換部、13b...第2変換部、13c...第3変換部、13d...第4変換部、13e...第5変換部、14...記憶部、15...合成部、20...3Dカメラ、30...ラインカメラ、40...コンベア、100...対象、100a...第1画像、100b...第2画像、100c...合成画像。

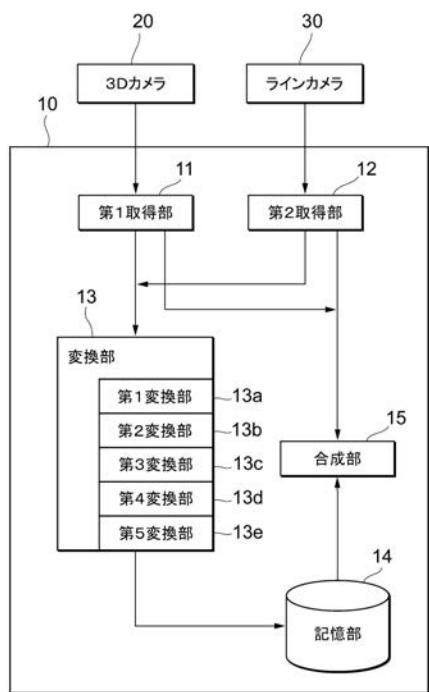
【図1】



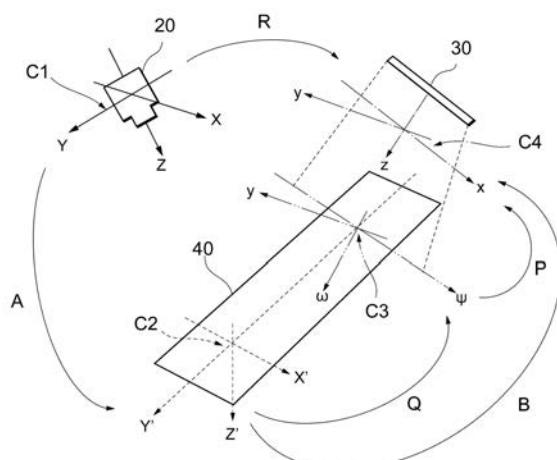
【図2】



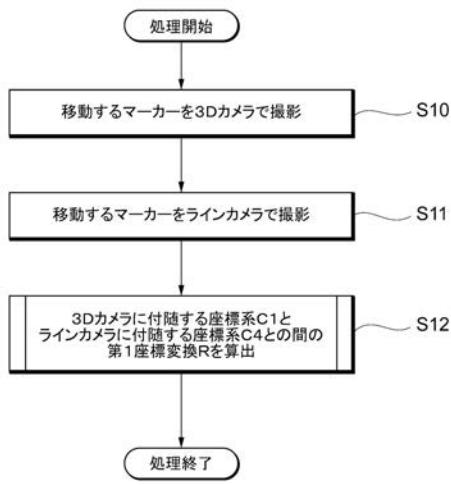
【図3】



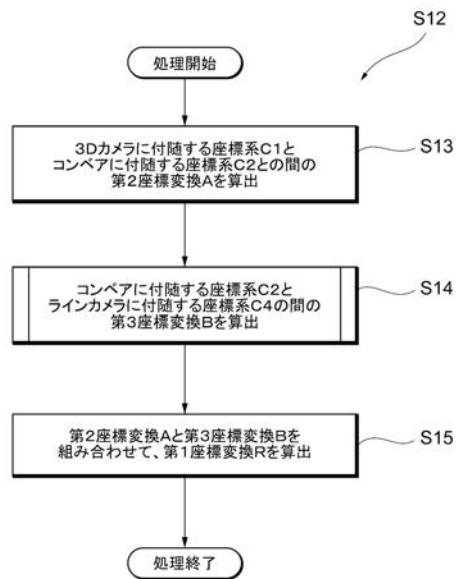
【図4】



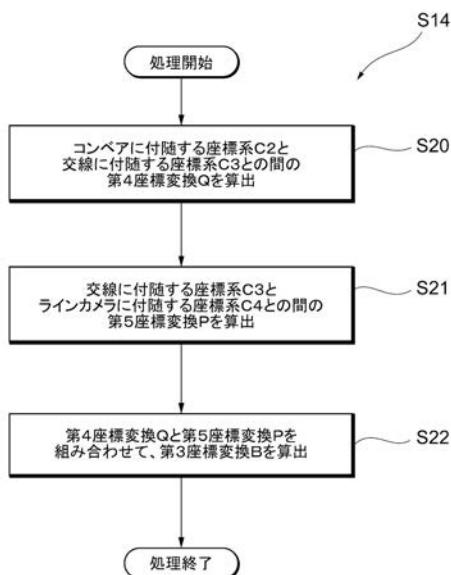
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2F065 AA04 AA53 AA60 BB05 BB27 DD04 FF04 FF05 FF41 GG21
HH15 JJ02 JJ03 JJ05 JJ25 PP15 QQ17 QQ25 QQ27 SS02
SS13
2F069 AA04 AA66 DD19 DD20 GG07 GG08 GG45 GG59 GG63 HH09
JJ13 NN17 NN18 PP07 QQ05
5C054 CA02 CA04 CC01 FC12 FC15 FE12 HA03
5C061 AB04 AB06 AB08 AB12 AB16
5C122 DA17 DA30 DA31 EA61 FA04 FA06 FA18 FC03 FC04 FH04
FH10 FH14 FH18 HA13 HA35 HA82 HB01 HB05 HB10