

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号
特開2024-75176
(P2024-75176A)

(43)公開日 令和6年6月3日(2024.6.3)

(51)国際特許分類		F I		テーマコード (参考)	
H 0 4 N	5/74 (2006.01)	H 0 4 N	5/74	D	2 K 2 0 3
G 0 9 G	5/00 (2006.01)	G 0 9 G	5/00	5 1 0 B	5 C 0 5 8
G 0 9 G	5/37 (2006.01)	G 0 9 G	5/00	5 5 0 C	5 C 1 8 2
G 0 3 B	21/14 (2006.01)	G 0 9 G	5/00	5 3 0 H	5 L 0 9 6
G 0 6 T	7/521(2017.01)	G 0 9 G	5/37	3 0 0	
		審査請求	未請求	請求項の数	9 O L (全36頁) 最終頁に続く

(21)出願番号	特願2022-186428(P2022-186428)	(71)出願人	000002369
(22)出願日	令和4年11月22日(2022.11.22)		セイコーエプソン株式会社
			東京都新宿区新宿四丁目 1 番 6 号
		(74)代理人	110003177
			弁理士法人旺知国際特許事務所
		(72)発明者	仙敷 大樹
			長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内
		F ターム (参考)	2K203 FA02 FA64 FA82 FA93 FB03 GC22 KA44 KA56 MA23 5C058 BA27 BA35 BB25 EA02 5C182 AA03 AA04 BA03 BA06 BA14 BA29 BC22 BC25 BC26 CB12 CB23 CB42 最終頁に続く

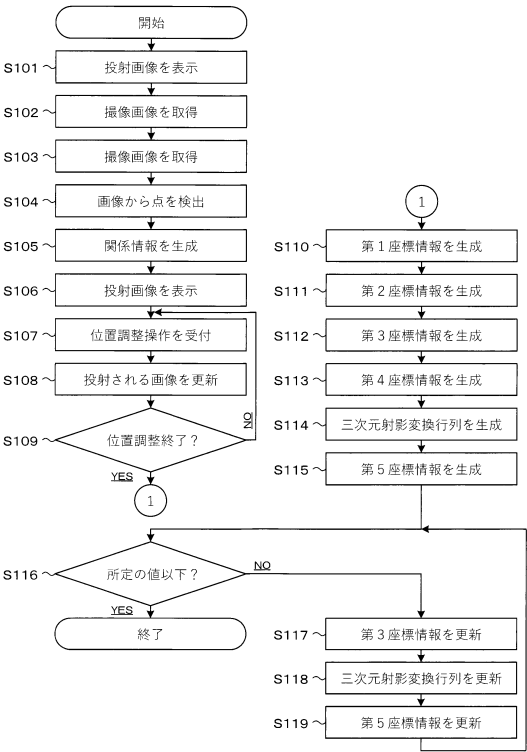
(54)【発明の名称】 計測方法、計測システムおよび情報処理装置

(57)【要約】 (修正有)

【課題】同一平面に含まれる複数の点の座標を変換するための三次元射影変換行列を生成する。

【解決手段】平面である第1の面と、非平面である第2の面と、を含むスクリーンにおいて、第1の面の第1領域に含まれる複数の第1の点の第1の座標系における座標を表す第1座標情報を生成することと、複数の第1の点の第2の座標系における座標を表す第2座標情報を生成することと、第1の座標系において、複数の第1の点を含む平面に含まれない第2の点の座標を表す第3座標情報を生成することと、第2の座標系において、複数の第1の点を含む平面に含まれない第3の点の座標を表す第4座標情報を生成することと、第1座標情報と、第2座標情報と、第3座標情報と、第4座標情報と、に基づいて、第2の座標系における複数の第1の点の座標を第1の座標系における複数の第1の点の座標へ変換するための三次元射影変換行列を生成することと、を含む。

【選択図】図 1 4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

平面である第 1 の面と、非平面である第 2 の面と、を含むスクリーンにおいて、前記第 1 の面の第 1 領域に含まれる複数の第 1 の点の第 1 の座標系における座標を表す第 1 座標情報を生成することと、

前記複数の第 1 の点の第 2 の座標系における座標を表す第 2 座標情報を生成することと

、
前記第 1 の座標系において、前記複数の第 1 の点を含む平面に含まれない第 2 の点の座標を表す第 3 座標情報を生成することと、

前記第 2 の座標系において、前記複数の第 1 の点を含む平面に含まれない第 3 の点の座標を表す第 4 座標情報を生成することと、

前記第 1 座標情報と、前記第 2 座標情報と、前記第 3 座標情報と、前記第 4 座標情報と、に基づいて、前記第 2 の座標系における前記複数の第 1 の点の座標を前記第 1 の座標系における前記複数の第 1 の点の座標へ変換するための三次元射影変換行列を生成することと、

前記三次元射影変換行列に基づいて、前記スクリーンに含まれる四つの設定点の前記第 1 の座標系における座標を表す第 5 座標情報を生成することと、

前記第 5 座標情報の示す座標が所定の条件を充足しない場合、前記第 3 座標情報および前記第 4 座標情報の少なくとも一方を更新する第 1 の更新を実行し、前記第 1 の更新の結果に基づいて前記三次元射影変換行列を更新する第 2 の更新を実行し、前記第 2 の更新によって更新された前記三次元射影変換行列に基づいて前記第 5 座標情報を更新する第 3 の更新を実行することと、

を含み、

前記四つの設定点を頂点とする四角形は、所定の形状となり、

前記四つの設定点のうちの少なくとも一つは、前記第 2 の面に含まれる、
計測方法。

【請求項 2】

撮像装置を制御することで、前記第 1 領域を含む範囲を撮像した撮像画像を取得することとを更に含み、

前記第 1 座標情報および前記第 2 座標情報の少なくとも一方は、前記撮像画像に基づいて生成される、

請求項 1 に記載の計測方法。

【請求項 3】

前記第 2 の点は、前記第 1 の座標系において、前記撮像装置の位置を示す点と、前記複数の第 1 の点を含む平面に含まれる第 4 の点と、を結ぶ第 1 の直線上に位置し、

前記第 3 の点は、前記第 2 の座標系において、前記撮像装置の位置を示す点と、前記複数の第 1 の点を含む平面に含まれる点であって、前記第 4 の点と対応する第 5 の点と、を結ぶ第 2 の直線上に位置する、

請求項 2 に記載の計測方法。

【請求項 4】

前記第 1 の更新が前記第 3 座標情報を更新することを含む場合、前記第 3 座標情報を更新することは、前記第 2 の点の座標を、前記第 1 の直線上の他の座標へ変更することを含み、

前記第 1 の更新が前記第 4 座標情報を更新することを含む場合、前記第 4 座標情報を更新することは、前記第 3 の点の座標を、前記第 2 の直線上の他の座標へ変更することを含む、

請求項 3 に記載の計測方法。

【請求項 5】

前記第 5 座標情報を生成することは、前記スクリーンに画像を投射する投射装置から、前記四つの設定点と一対一で対応する四つの第 6 の点を含む第 1 のパターン画像を投射さ

10

20

30

40

50

せることで、前記スクリーン上に第 1 投射画像を表示させることを含み、

前記四つの設定点は、前記第 1 投射画像に含まれる、

請求項 1 から請求項 4 のうちのいずれか一項に記載の計測方法。

【請求項 6】

前記スクリーンに画像を投射する投射装置から、前記複数の第 1 の点と一対一で対応する複数の第 7 の点を含む第 2 のパターン画像を投射させることで、前記スクリーン上に第 2 投射画像を表示させることを更に含み、

前記撮像画像は、前記複数の第 1 の点と一対一で対応する複数の第 8 の点を含み、

前記第 1 座標情報および前記第 2 座標情報のどちらか一方は、前記撮像画像と、前記第 2 のパターン画像と、に基づいて生成される、

10

請求項 2 から請求項 4 のうちのいずれか一項に記載の計測方法。

【請求項 7】

前記第 1 座標情報を生成することは、第 1 レンズを備え、前記第 1 レンズに関する内部パラメーターが既知である第 1 の装置に入力された画像および前記第 1 の装置から出力される画像のいずれか一方である第 1 の画像と、第 2 レンズを備え、前記第 2 レンズに関する内部パラメーターが既知である第 2 の装置に入力された画像および前記第 2 の装置から出力される画像のいずれか一方である第 2 の画像と、に基づいて、前記第 1 座標情報を生成することを含み、

前記第 2 座標情報を生成することは、第 3 レンズを備え、前記第 3 レンズに関する内部パラメーターが未知である第 3 の装置に入力された画像および前記第 3 の装置から出力される画像のいずれか一方である第 3 の画像と、前記第 1 の画像と、に基づいて、前記第 2 座標情報を生成することを含み、

20

前記第 1 の装置、前記第 2 の装置および前記第 3 の装置のうちの少なくとも一つは、前記スクリーンを撮像する撮像装置である、

請求項 1 に記載の計測方法。

【請求項 8】

平面である第 1 の面と、非平面である第 2 の面と、を含むスクリーンにおいて、前記第 1 の面の第 1 領域に含まれる複数の第 1 の点の第 1 の座標系における座標を表す第 1 座標情報を生成することと、

前記複数の第 1 の点の第 2 の座標系における座標を表す第 2 座標情報を生成することと

30

、
前記第 1 の座標系において、前記複数の第 1 の点を含む平面に含まれない第 2 の点の座標を表す第 3 座標情報を生成することと、

前記第 2 の座標系において、前記複数の第 1 の点を含む平面に含まれない第 3 の点の座標を表す第 4 座標情報を生成することと、

前記第 1 座標情報と、前記第 2 座標情報と、前記第 3 座標情報と、前記第 4 座標情報と、に基づいて、前記第 2 の座標系における前記複数の第 1 の点の座標を前記第 1 の座標系における前記複数の第 1 の点の座標へ変換するための三次元射影変換行列を生成することと、

前記三次元射影変換行列に基づいて、前記スクリーンに含まれる四つの設定点の前記第 1 の座標系における座標を表す第 5 座標情報を生成することと、

40

前記第 5 座標情報の示す座標が所定の条件を充足しない場合、前記第 3 座標情報および前記第 4 座標情報の少なくとも一方を更新する第 1 の更新を実行し、前記第 1 の更新の結果に基づいて前記三次元射影変換行列を更新する第 2 の更新を実行し、前記第 2 の更新によって更新された前記三次元射影変換行列に基づいて前記第 5 座標情報を更新する第 3 の更新を実行することと、

を実行する処理装置を備え、

前記四つの設定点を頂点とする四角形は、所定の形状となり、

前記四つの設定点のうちの少なくとも一つは、前記第 2 の面に含まれる、

計測システム。

50

【請求項 9】

平面である第 1 の面と、非平面である第 2 の面と、を含むスクリーンにおいて、前記第 1 の面の第 1 領域に含まれる複数の第 1 の点の第 1 の座標系における座標を表す第 1 座標情報を生成することと、

前記複数の第 1 の点の第 2 の座標系における座標を表す第 2 座標情報を生成することと

、
前記第 1 の座標系において、前記複数の第 1 の点を含む平面に含まれない第 2 の点の座標を表す第 3 座標情報を生成することと、

前記第 2 の座標系において、前記複数の第 1 の点を含む平面に含まれない第 3 の点の座標を表す第 4 座標情報を生成することと、

前記第 1 座標情報と、前記第 2 座標情報と、前記第 3 座標情報と、前記第 4 座標情報と、に基づいて、前記第 2 の座標系における前記複数の第 1 の点の座標を前記第 1 の座標系における前記複数の第 1 の点の座標へ変換するための三次元射影変換行列を生成することと、

前記三次元射影変換行列に基づいて、前記スクリーンに含まれる四つの設定点の前記第 1 の座標系における座標を表す第 5 座標情報を生成することと、

前記第 5 座標情報の示す座標が所定の条件を充足しない場合、前記第 3 座標情報および前記第 4 座標情報の少なくとも一方を更新する第 1 の更新を実行し、前記第 1 の更新の結果に基づいて前記三次元射影変換行列を更新する第 2 の更新を実行し、前記第 2 の更新によって更新された前記三次元射影変換行列に基づいて前記第 5 座標情報を更新する第 3 の更新を実行することと、

を実行する処理装置を備え、

前記四つの設定点を頂点とする四角形は、所定の形状となり、

前記四つの設定点のうちの少なくとも一つは、前記第 2 の面に含まれる、
情報処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、計測方法、計測システムおよび情報処理装置に関する。

【背景技術】

【0002】

物体に画像を投射する技術、および、物体を撮像することで撮像画像を取得する技術等において、座標変換のための行列演算が広く実施されている。当該行列演算は、具体的には、パノラマ画像の生成、投射装置によって表示された投射画像の形状および表示位置の補正、カメラの校正、並びに、物体の三次元形状の計測等に利用されている。

【0003】

特許文献 1 には、二次元空間から二次元空間への変換であるホモグラフィ変換を実施するためのホモグラフィ変換行列を生成する情報処理装置が開示されている。更に、当該情報処理装置は、三次元空間から三次元空間への三次元射影変換を実施するための三次元射影変換行列を生成する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2016 - 126673 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

三次元射影変換行列は、複数の点の座標に基づいて算出される。しかしながら、当該複数の点が同一平面上に存在する場合、計算の性質上、三次元射影変換行列は正しく推定されないことが知られている。特許文献 1 の情報処理装置は、三次元射影変換行列の算出に

10

20

30

40

50

用いられる複数の点の平面性を判定し、当該複数の点が平面性を有していると判定された場合には、三次元射影変換行列の算出に係る処理を中断する。このため、当該情報処理装置は、同一平面上に存在する複数の点の座標を変換する三次元射影変換行列を生成することができなかった。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明に係る計測方法の一態様は、平面である第1の面と、非平面である第2の面と、を含むスクリーンにおいて、第1の面の第1領域に含まれる複数の第1の点の第1の座標系における座標を表す第1座標情報を生成することと、複数の第1の点の第2の座標系における座標を表す第2座標情報を生成することと、第1の座標系において、複数の第1の点を含む平面に含まれない第2の点の座標を表す第3座標情報を生成することと、第2の座標系において、複数の第1の点を含む平面に含まれない第3の点の座標を表す第4座標情報を生成することと、第1座標情報と、第2座標情報と、第3座標情報と、第4座標情報と、に基づいて、第2の座標系における複数の第1の点の座標を第1の座標系における複数の第1の点の座標へ変換するための三次元射影変換行列を生成することと、三次元射影変換行列に基づいて、スクリーンに含まれる四つの設定点の第1の座標系における座標を表す第5座標情報を生成することと、第5座標情報の示す座標が所定の条件を充足しない場合、第3座標情報および第4座標情報の少なくとも一方を更新する第1の更新を実行し、第1の更新の結果に基づいて三次元射影変換行列を更新する第2の更新を実行し、第2の更新によって更新された三次元射影変換行列に基づいて第5座標情報を更新する第3の更新を実行することと、を含み、四つの設定点を頂点とする四角形は、所定の形状となり、四つの設定点のうちの少なくとも一つは、第2の面に含まれる。

10

20

【0007】

本発明に係る計測システムの一態様は、平面である第1の面と、非平面である第2の面と、を含むスクリーンにおいて、第1の面の第1領域に含まれる複数の第1の点の第1の座標系における座標を表す第1座標情報を生成することと、複数の第1の点の第2の座標系における座標を表す第2座標情報を生成することと、第1の座標系において、複数の第1の点を含む平面に含まれない第2の点の座標を表す第3座標情報を生成することと、第2の座標系において、複数の第1の点を含む平面に含まれない第3の点の座標を表す第4座標情報を生成することと、第1座標情報と、第2座標情報と、第3座標情報と、第4座標情報と、に基づいて、第2の座標系における複数の第1の点の座標を第1の座標系における複数の第1の点の座標へ変換するための三次元射影変換行列を生成することと、三次元射影変換行列に基づいて、スクリーンに含まれる四つの設定点の第1の座標系における座標を表す第5座標情報を生成することと、第5座標情報の示す座標が所定の条件を充足しない場合、第3座標情報および第4座標情報の少なくとも一方を更新する第1の更新を実行し、第1の更新の結果に基づいて三次元射影変換行列を更新する第2の更新を実行し、第2の更新によって更新された三次元射影変換行列に基づいて第5座標情報を更新する第3の更新を実行することと、を実行する処理装置を備え、四つの設定点を頂点とする四角形は、所定の形状となり、四つの設定点のうちの少なくとも一つは、第2の面に含まれる。

30

40

【0008】

本発明に係る情報処理装置の一態様は、平面である第1の面と、非平面である第2の面と、を含むスクリーンにおいて、第1の面の第1領域に含まれる複数の第1の点の第1の座標系における座標を表す第1座標情報を生成することと、複数の第1の点の第2の座標系における座標を表す第2座標情報を生成することと、第1の座標系において、複数の第1の点を含む平面に含まれない第2の点の座標を表す第3座標情報を生成することと、第2の座標系において、複数の第1の点を含む平面に含まれない第3の点の座標を表す第4座標情報を生成することと、第1座標情報と、第2座標情報と、第3座標情報と、第4座標情報と、に基づいて、第2の座標系における複数の第1の点の座標を第1の座標系における複数の第1の点の座標へ変換するための三次元射影変換行列を生成することと、三次

50

元射影変換行列に基づいて、スクリーンに含まれる四つの設定点の第1の座標系における座標を表す第5座標情報を生成することと、第5座標情報の示す座標が所定の条件を充足しない場合、第3座標情報および第4座標情報の少なくとも一方を更新する第1の更新を実行し、第1の更新の結果に基づいて三次元射影変換行列を更新する第2の更新を実行し、第2の更新によって更新された三次元射影変換行列に基づいて第5座標情報を更新する第3の更新を実行することと、を実行する処理装置を備え、四つの設定点を頂点とする四角形は、所定の形状となり、四つの設定点のうちの少なくとも一つは、第2の面に含まれる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】 投射画像GP1が表示される様子を図示した模式図である。

【図2】 投射画像GP2が表示される様子を図示した模式図である。

【図3】 投射画像GP3が表示される様子を図示した模式図である。

【図4】 実施形態に係る計測システムSysの構成を示すブロック図である。

【図5】 実施形態に係る記憶装置10の構成を示すブロック図である。

【図6】 第1投射画像情報103の示す画像の一例を図示した模式図である。

【図7】 第1撮像画像情報106の示す画像の一例を図示した模式図である。

【図8】 第2撮像画像情報107の示す画像の一例を図示した模式図である。

【図9】 第2投射画像情報104の示す画像の一例を図示した模式図である。

【図10】 第2投射画像情報104の示す画像の他の例を図示した模式図である。

【図11】 座標系FYにおける複数の点の位置関係を模式的に示した説明図である。

【図12】 座標系FXにおける複数の点の位置関係を模式的に示した説明図である。

【図13】 第5座標情報115の示す複数の点の座標について説明するための模式図である。

【図14】 実施形態に係る計測システムSysの動作について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、添付図面を参照しながら、本発明に係る好適な実施形態を説明する。なお、図面において各部の寸法および縮尺は実際と異なる場合があり、理解を容易にするために模式的に示す部分もある。また、本発明の範囲は、以下の説明において特に本発明を限定する旨の記載がない限り、これらの形態に限られない。

【0011】

1. 実施形態

実施形態では、物体を撮像することで得られる撮像画像等の二次元の画像を用いて、当該物体の三次元形状を計測する、換言すれば、当該物体の表面上に位置する複数の点の三次元座標を取得する計測システムを例示して、本発明に係る計測方法、計測システムおよび情報処理装置について説明する。実施形態に係る計測システムは、平面上に位置する複数の点の三次元座標を変換するための三次元射影変換行列を生成し、生成した三次元射影変換行列を用いて、物体の形状を計測する。

【0012】

二次元の画像を用いて物体の表面上に位置する点の三次元座標を取得する場合、当該点の三次元座標を取得するために用いられる装置に由来するパラメータを示す「内部パラメータ」と、当該装置の位置や姿勢に由来するパラメータを示す「外部パラメータ」とが必要となる。本明細書において、二次元の画像を用いた物体の三次元形状の計測に用いられる装置の中に、内部パラメータが未知の装置が含まれる場合、当該計測の方法を「射影復元」と称する。また、二次元の画像を用いた物体の三次元形状の計測に用いられる装置の中に、内部パラメータが未知の装置が含まれない場合、換言すれば、当該計測に用いられるすべての装置の内部パラメータが既知の場合、当該計測の方法を「ユークリッド復元」と称する。

【 0 0 1 3 】

また、射影復元による物体の三次元形状の計測結果、換言すれば、射影復元によって取得された物体の表面上に位置する点の三次元座標を「射影復元結果」と称する。「射影復元結果」の示す点の三次元座標は、射影変換の不定性が含まれる。このため、射影復元によって得られた物体の形状は、実物と異なる場合がある。また、ユークリッド復元による物体の三次元形状の計測結果、換言すれば、ユークリッド復元によって取得された物体の表面上に位置する点の三次元座標を「ユークリッド復元結果」と称する。「ユークリッド復元結果」の示す点の三次元座標は、射影変換の不定性が含まれない、もしくは、射影変換の不定性を無視できる。すなわち、ユークリッド復元によって得られた物体の形状は、実物と相似な形状となる。また、物体の三次元形状の計測によって取得された点の三次元座標において、射影変換の不定性が含まれない場合、もしくは、射影変換の不定性を無視できる場合、当該点の三次元座標は「ユークリッド復元結果」と見做す。

10

【 0 0 1 4 】

1. 1. 計測システムの概要

以下、図 1 ~ 図 3 を参照しつつ、実施形態に係る計測システム S y s の概要について説明する。図 1 は、投射画像 G P 1 が表示される様子を図示した模式図である。図 2 は、投射画像 G P 2 が表示される様子を図示した模式図である。図 3 は、投射画像 G P 3 が表示される様子を図示した模式図である。

【 0 0 1 5 】

計測システム S y s は、プロジェクター 1 と、プロジェクター 2 とを含む。プロジェクター 1 は、プロジェクター 2 と通信可能に接続され、各種情報の送受信を行う。プロジェクター 1 は、撮像装置 1 4 と、投射装置 1 6 とを備える。プロジェクター 2 は、撮像装置 2 4 と、投射装置 2 6 とを備える。

20

【 0 0 1 6 】

投射装置 1 6 および投射装置 2 6 は、スクリーン S C 1 に画像を投射することで、スクリーン S C 1 上に投射画像を表示する。また、投射装置 1 6 および投射装置 2 6 は、内部パラメーターが未知である。

【 0 0 1 7 】

スクリーン S C 1 は、面 S C 1 1 と、面 S C 1 2 と、面 S C 1 3 とを含む。面 S C 1 1 は、平面である。面 S C 1 2 および面 S C 1 3 は、曲面である。より正確には、面 S C 1 2 および面 S C 1 3 は、柱面である。なお、投射装置 1 6 によって表示される投射画像の少なくとも一部は、面 S C 1 1 上に表示される。

30

【 0 0 1 8 】

撮像装置 1 4 は、投射装置 1 6 によってスクリーン S C 1 上に表示された投射画像の少なくとも一部を含む範囲を撮像する。具体的には、撮像装置 1 4 は、投射装置 1 6 によって面 S C 1 1 上に表示された投射画像の少なくとも一部を含む範囲を撮像する。また、撮像装置 1 4 は、投射装置 2 6 によってスクリーン S C 1 上に表示された投射画像の少なくとも一部を含む範囲を撮像する。また、撮像装置 1 4 は、内部パラメーターが既知である。

【 0 0 1 9 】

撮像装置 2 4 は、スクリーン S C 1 の領域 R 2 を含む範囲を撮像する。領域 R 2 は、面 S C 1 1 の一部と、面 S C 1 3 の一部とを含む。また、撮像装置 2 4 は、投射装置 1 6 によってスクリーン S C 1 上に表示された投射画像の少なくとも一部を含む範囲を撮像する。具体的には、撮像装置 2 4 は、投射装置 1 6 によって面 S C 1 1 上に表示された投射画像の少なくとも一部を含む範囲を撮像する。また、撮像装置 2 4 は、投射装置 2 6 によってスクリーン S C 1 上に表示された投射画像の少なくとも一部を含む範囲を撮像する。また、撮像装置 2 4 は、内部パラメーターが既知である。なお、撮像装置 1 4 の撮像範囲の少なくとも一部と、撮像装置 2 4 の撮像範囲の少なくとも一部とは、面 S C 1 1 において重畳する。換言すれば、撮像装置 1 4 の撮像範囲と、撮像装置 2 4 の撮像範囲との重畳部分は、面 S C 1 1 に含まれる。

40

50

【 0 0 2 0 】

投射装置 1 6 は、スクリーン S C 1 に後述する画像 G F 1 を投射することで、スクリーン S C 1 上に投射画像 G P 1 を表示する。撮像装置 1 4 は、投射画像 G P 1 が表示されたスクリーン S C 1 の領域 R 1 を含む範囲を撮像する。領域 R 1 は、面 S C 1 1 の一部と、面 S C 1 2 の一部とを含む。なお、領域 R 1 の一部と、領域 R 2 の一部とは、領域 R 3 において重畳する。換言すれば、領域 R 1 および領域 R 2 は、領域 R 3 を含む。すなわち、領域 R 3 には、投射画像 G P 1 の一部が表示される。また、領域 R 3 は、面 S C 1 1 に含まれる。撮像装置 2 4 は、投射画像 G P 1 の一部が表示されたスクリーン S C 1 の領域 R 2 を含む範囲を撮像する。

【 0 0 2 1 】

投射画像 G P 1 は、面 S C 1 1 と、面 S C 1 2 とに跨って表示される。投射画像 G P 1 は、複数の点を含む。また、当該複数の点は、複数の点 D P 1 を含む。複数の点 D P 1 は、面 S C 1 1 の領域 R 3 に含まれる。

【 0 0 2 2 】

投射装置 1 6 は、スクリーン S C 1 に後述する画像 G F 2 を投射することで、スクリーン S C 1 上に投射画像 G P 2 を表示する。投射画像 G P 2 は、投射画像 G P 1 と同様、スクリーン S C 1 の領域 R 1 に表示される。投射画像 G P 2 は、点 D P 2 1 と、点 D P 2 2 と、点 D P 2 3 と、点 D P 2 4 とを含む。なお、点 D P 2 3 および点 D P 2 4 は、面 S C 1 2 上に表示される。換言すれば、点 D P 2 3 および点 D P 2 4 は、面 S C 1 2 に含まれる。

【 0 0 2 3 】

計測システム S y s のユーザーは、投射画像 G P 2 に含まれる点 D P 2 1 ~ D P 2 4 の位置を調整する操作を実行することで、点 D P 2 1 ~ D P 2 4 を頂点とする四角形の形状を長方形に調整する。以下、投射画像 G P 2 に含まれる点 D P 2 1 ~ D P 2 4 の位置を調整する操作を「位置調整操作」と称する。プロジェクター 1 は、ユーザーから、点 D P 2 1 ~ D P 2 4 を頂点とする四角形の形状を長方形に調整するための位置調整操作を受け付ける。なお、位置調整操作が実行される間、ユーザーは、例えば、所謂レーザー墨出し器を用いて、点 D P 2 1 ~ D P 2 4 の位置調整を補助するためのガイドラインを表示してもよい。これにより、ユーザーは、点 D P 2 1 ~ D P 2 4 の位置を、容易かつ正確に調整することができる。

【 0 0 2 4 】

ユーザーが位置調整操作を実行することで、点 D P 2 1 ~ D P 2 4 を頂点とする四角形の形状を長方形に調整した場合、投射装置 1 6 は、スクリーン S C 1 に後述する画像 G F 3 を投射することで、スクリーン S C 1 上に投射画像 G P 3 を表示する。投射画像 G P 3 は、投射画像 G P 1 および投射画像 G P 2 と同様、スクリーン S C 1 の領域 R 1 に表示される。プロジェクター 1 は、ユーザーから受け付けた位置調整操作に基づいて、投射画像 G P 2 を投射画像 G P 3 へ更新する。

【 0 0 2 5 】

投射画像 G P 3 は、点 D P 3 1 と、点 D P 3 2 と、点 D P 3 3 と、点 D P 3 4 とを含む。プロジェクター 1 は、位置調整操作に基づいて、点 D P 2 1 を点 D P 3 1 へ移動する。換言すれば、点 D P 3 1 は、点 D P 2 1 の位置が調整された結果を表す点である。同様に、プロジェクター 1 は、位置調整操作に基づいて、点 D P 2 2 を点 D P 3 2 へ、点 D P 2 3 を点 D P 3 3 へ、点 D P 2 4 を点 D P 3 4 へ、それぞれ移動する。すなわち、点 D P 3 1 ~ D P 3 4 を頂点とする四角形は、長方形となる。なお、点 D P 3 1 および点 D P 3 2 は、面 S C 1 1 上に表示される。また、点 D P 3 3 および点 D P 3 4 は、面 S C 1 2 上に表示される。換言すれば、点 D P 3 1 および点 D P 3 2 は、面 S C 1 1 に含まれる。また、点 D P 3 3 および点 D P 3 4 は、面 S C 1 2 に含まれる。

【 0 0 2 6 】

プロジェクター 1 は、内部パラメーターが既知である撮像装置 1 4 によって取得された撮像画像と、内部パラメーターが既知である撮像装置 2 4 によって取得された撮像画像と

10

20

30

40

50

に基づいて、領域 R 3 のユークリッド復元結果を取得する。また、プロジェクター 1 は、撮像装置 1 4 によって取得された撮像画像と、内部パラメーターが未知である投射装置 1 6 から投射される画像 G F 1 とに基づいて、領域 R 1 の射影復元結果を取得する。なお、領域 R 1 の射影復元結果は、領域 R 3 の射影復元結果を含む。また、領域 R 1 の射影復元結果は、点 D P 3 1 ~ D P 3 4 の座標を示す。

【 0 0 2 7 】

プロジェクター 1 は、領域 R 3 のユークリッド復元結果と、領域 R 1 の射影復元結果とに基づいて、領域 R 3 の射影復元結果を領域 R 3 のユークリッド復元結果へ変換する三次元射影変換行列を生成する。なお、前述の通り、三次元射影変換行列は複数の点の座標に基づいて算出されるが、当該複数の点が同一平面上に存在する場合は正しく算出されない。領域 R 3 は平面である面 S C 1 1 に含まれることから、プロジェクター 1 は、面 S C 1 1 およびその延長上に含まれない仮想的な点を設定し、当該仮想的な点の座標と、領域 R 3 のユークリッド復元結果と、領域 R 1 の射影復元結果とに基づいて、領域 R 3 の射影復元結果を領域 R 3 のユークリッド復元結果へ変換する三次元射影変換行列を生成する。すなわち、プロジェクター 1 は、領域 R 3 の射影復元結果を領域 R 3 のユークリッド復元結果へ変換する三次元射影変換行列を生成する場合に用いられる複数の点の座標を、同一平面上に存在しない複数の点の座標とすることで、当該三次元射影変換行列を生成することができる。

10

【 0 0 2 8 】

また、プロジェクター 1 は、当該三次元射影変換行列を用いて領域 R 1 の射影復元結果を変換する。すなわち、プロジェクター 1 は、射影復元によって得られた点 D P 3 1 ~ D P 3 4 の座標を、当該三次元射影変換行列を用いて変換する。

20

【 0 0 2 9 】

プロジェクター 1 は、三次元射影変換行列を用いて変換された点 D P 3 1 ~ D P 3 4 の座標が所定の条件を充足するまで、三次元射影変換行列を更新し、更新された三次元射影変換行列を用いて、射影復元によって得られた点 D P 3 1 ~ D P 3 4 の座標を変換する。三次元射影変換行列を用いて変換された点 D P 3 1 ~ D P 3 4 の座標が所定の条件を充足する場合、当該三次元射影変換行列は、領域 R 1 の射影復元結果を、領域 R 1 のユークリッド復元結果へ変換することができる。

【 0 0 3 0 】

30

すなわち、計測システム S y s は、内部パラメーターが既知である撮像装置 1 4 と、内部パラメーターが既知である撮像装置 2 4 と、内部パラメーターが未知である投射装置 1 6 とを用いて、投射装置 1 6 の内部パラメーターを把握するための校正作業を実施することなく、スクリーン S C 1 における領域 R 1 のユークリッド復元結果を取得することができる。換言すれば、計測システム S y s は、内部パラメーターが既知である撮像装置 1 4 と、内部パラメーターが既知である撮像装置 2 4 と、内部パラメーターが未知である投射装置 1 6 とを用いることで、撮像装置 1 4 の撮像範囲と、撮像装置 2 4 の撮像範囲との両方に含まれる領域 R 3 のユークリッド復元結果に加えて、撮像装置 2 4 の撮像範囲外である、領域 R 3 を除いた領域 R 1 のユークリッド復元結果を取得することができる。

【 0 0 3 1 】

40

1 . 2 . 計測システムの構成および機能

以下、図 4 ~ 図 1 3 を参照しつつ、実施形態に係る計測システム S y s の構成および機能について説明する。

【 0 0 3 2 】

図 4 は、実施形態に係る計測システム S y s の構成を示すブロック図である。計測システム S y s は、前述の通り、プロジェクター 1 と、プロジェクター 2 とを含む。

【 0 0 3 3 】

プロジェクター 1 は、各種情報を記憶する記憶装置 1 0 と、計測システム S y s の動作を制御する処理装置 1 2 と、物体の三次元形状を計測するために用いられる撮像画像を取得する撮像装置 1 4 と、投射面に画像を投射する投射装置 1 6 と、プロジェクター 2 との

50

間で各種情報の送受信を行う通信装置 18 と、ユーザーからの入力操作を受け付ける操作装置 30 とを備える。処理装置 12 は、投射制御部 120 と、撮像制御部 121 と、画像解析部 122 と、三次元座標管理部 123 と、入力管理部 124 と、画像編集部 125 としての機能を有する。撮像装置 14 は、集光のための撮像レンズ 142 と、撮像レンズ 142 によって集光された光を電気信号に変換することで撮像画像を生成する撮像素子 140 とを備える。投射装置 16 は、不図示の光源と、当該光源から発せられた光を、投射面上に投射画像を表示するための投射光に変調する光変調器 160 と、光変調器 160 によって変調された投射光を投射面に投射する投射レンズ 162 とを備える。

【0034】

プロジェクター 2 は、物体の三次元形状を計測するために用いられる撮像画像を取得する撮像装置 24 と、投射面に画像を投射する投射装置 26 とを備える。撮像装置 24 は、集光のための撮像レンズ 242 と、撮像レンズ 242 によって集光された光を電気信号に変換することで撮像画像を生成する撮像素子 240 とを備える。投射装置 26 は、不図示の光源と、当該光源から発せられた光を、投射面上に投射画像を表示するための投射光に変調する光変調器 260 と、光変調器 260 によって変調された投射光を投射面に投射する投射レンズ 262 とを備える。

【0035】

記憶装置 10 は、例えば、RAM 等の揮発性メモリおよび ROM 等の不揮発性メモリを含んで構成される。ここで、RAM とは、Random Access Memory の略称である。また、ROM とは、Read Only Memory の略称である。

【0036】

図 5 は、実施形態に係る記憶装置 10 の構成を示すブロック図である。記憶装置 10 の有する不揮発性メモリは、プロジェクター 1 の動作を規定するプログラム 100 と、領域 R3 の射影復元結果を領域 R3 のユークリッド復元結果へ変換する三次元射影変換行列 101 と、投射面上に投射される画像を表す投射画像情報 102 と、三次元形状の計測対象となる物体を撮像した結果を表す撮像画像情報 105 と、撮像画像情報 105 の示す撮像画像を用いて物体の三次元形状を計測した結果を表す三次元座標情報 110 と、各種画像に含まれる点の座標を表す二次元座標情報 130 と、光変調器 160 の備える複数の画素および撮像素子 140 の備える複数の画素の対応関係を示す関係情報 116 とを記憶する。

【0037】

投射画像情報 102 は、投射画像 GP1 が表示される場合に投射される画像を表す第 1 投射画像情報 103 と、投射画像 GP2 または投射画像 GP3 が表示される場合に投射される画像を表す第 2 投射画像情報 104 とを含む。

【0038】

撮像画像情報 105 は、撮像装置 14 によって取得された撮像画像を表す第 1 撮像画像情報 106 と、撮像装置 24 によって取得された撮像画像を表す第 2 撮像画像情報 107 とを含む。

【0039】

三次元座標情報 110 は、領域 R3 のユークリッド復元結果を表す第 1 座標情報 111 と、領域 R1 の射影復元結果を表す第 2 座標情報 112 と、面 SC11 およびその延長上に含まれない仮想的な点の座標を表す第 3 座標情報 113 および第 4 座標情報 114 と、射影復元によって得られた点 DP31 ~ DP34 の座標が三次元射影変換行列 101 によって変換された結果を表す第 5 座標情報 115 とを含む。なお、説明の便宜上、三次元座標情報 110 の示す複数の点の座標を表す場合に用いられる座標系は、撮像装置 14 の位置を示す点を原点とする。

【0040】

二次元座標情報 130 は、第 1 撮像画像情報 106 の示す画像に含まれる複数の点の座標を表す第 6 座標情報 131 と、第 2 撮像画像情報 107 の示す画像に含まれる複数の点の座標を表す第 7 座標情報 132 と、第 1 投射画像情報 103 の示す画像に含まれる複数の

10

20

30

40

50

の点の座標を表す第 8 座標情報 1 3 3 と、第 2 投射画像情報 1 0 4 の示す画像に含まれる複数の点の座標を表す第 9 座標情報 1 3 4 とを含む。

【 0 0 4 1 】

記憶装置 1 0 の有する揮発性メモリーは、プログラム 1 0 0 を実行する際のワークエリアとして処理装置 1 2 によって利用される。

【 0 0 4 2 】

なお、記憶装置 1 0 の一部または全部は、外部記憶装置または外部サーバー等に設けられてもよい。また、記憶装置 1 0 に記憶される各種情報の一部または全部は、予め記憶装置 1 0 に記憶されてもよいし、外部記憶装置または外部サーバー等から取得されてもよい。

10

【 0 0 4 3 】

図 6 は、第 1 投射画像情報 1 0 3 の示す画像の一例を図示した模式図である。本実施形態において、第 1 投射画像情報 1 0 3 は、画像 G F 1 を表す。プロジェクター 1 は、第 1 投射画像情報 1 0 3 に基づく投射光を投射装置 1 6 に投射させることで、スクリーン S C 1 上に投射画像 G P 1 を表示させる。換言すれば、プロジェクター 1 は、投射装置 1 6 から画像 G F 1 を投射させることで、スクリーン S C 1 上に投射画像 G P 1 を表示させる。

【 0 0 4 4 】

画像 G F 1 は、複数の点を含む。また、当該複数の点は、複数の点 D F 1 を含む。複数の点 D F 1 は、投射画像 G P 1 に含まれる複数の点 D P 1 と一対一で対応する。図 6 において、複数の点 D F 1 は、破線で囲われた範囲内に含まれる点である。

20

【 0 0 4 5 】

図 7 は、第 1 撮像画像情報 1 0 6 の示す画像の一例を図示した模式図である。本実施形態において、第 1 撮像画像情報 1 0 6 は、撮像画像 G S 1 を表す。撮像装置 1 4 は、投射画像 G P 1 が表示されたスクリーン S C 1 の領域 R 1 を含む範囲を撮像することで、撮像画像 G S 1 を取得する。換言すれば、撮像装置 1 4 は、投射画像 G P 1 が表示されたスクリーン S C 1 の領域 R 1 を含む範囲を撮像することで、撮像画像 G S 1 を表す第 1 撮像画像情報 1 0 6 を生成する。

【 0 0 4 6 】

撮像画像 G S 1 は、画像 G S 1 1 を含む。画像 G S 1 1 は、スクリーン S C 1 の一部を示す画像である。画像 G S 1 1 は、画像 G S 1 1 1 と、画像 G S 1 1 2 とからなる。画像 G S 1 1 1 は、面 S C 1 1 の少なくとも一部を示す画像である。画像 G S 1 1 2 は、面 S C 1 2 の少なくとも一部を示す画像である。画像 G S 1 1 は、画像 G V 1 を含む。画像 G V 1 は、投射画像 G P 1 を示す画像である。画像 G V 1 は、画像 G V 1 1 と、画像 G V 1 2 とからなる。画像 G V 1 1 は、面 S C 1 1 上に表示された投射画像 G P 1 の一部を示す画像である。画像 G V 1 1 は、画像 G S 1 1 1 に含まれる。画像 G V 1 2 は、面 S C 1 2 上に表示された投射画像 G P 1 の一部を示す画像である。画像 G V 1 2 は、画像 G S 1 1 2 に含まれる。

30

【 0 0 4 7 】

画像 G V 1 は、複数の点を含む。また、当該複数の点は、複数の点 D V 1 を含む。複数の点 D V 1 は、投射画像 G P 1 に含まれる複数の点 D P 1 と一対一で対応する。また、複数の点 D V 1 は、画像 G F 1 に含まれる複数の点 D F 1 と一対一で対応する。図 7 において、複数の点 D V 1 は、破線で囲われた範囲内に含まれる点である。

40

【 0 0 4 8 】

図 8 は、第 2 撮像画像情報 1 0 7 の示す画像の一例を図示した模式図である。本実施形態において、第 2 撮像画像情報 1 0 7 は、撮像画像 G S 2 を表す。撮像装置 2 4 は、投射画像 G P 1 の一部が表示されたスクリーン S C 1 の領域 R 2 を含む範囲を撮像することで、撮像画像 G S 2 を取得する。換言すれば、撮像装置 2 4 は、投射画像 G P 1 の一部が表示されたスクリーン S C 1 の領域 R 2 を含む範囲を撮像することで、撮像画像 G S 2 を表す第 2 撮像画像情報 1 0 7 を生成する。

【 0 0 4 9 】

50

撮像画像 G S 2 は、画像 G S 2 1 を含む。画像 G S 2 1 は、スクリーン S C 1 の一部を示す画像である。画像 G S 2 1 は、画像 G S 2 1 1 と、画像 G S 2 1 3 とからなる。画像 G S 2 1 1 は、面 S C 1 1 の少なくとも一部を示す画像である。画像 G S 2 1 3 は、面 S C 1 3 の少なくとも一部を示す画像である。画像 G S 2 1 1 は、画像 G V 2 1 を含む。画像 G V 2 1 は、領域 R 3 に表示された投射画像 G P 1 の一部を示す画像である。

【 0 0 5 0 】

画像 G V 2 1 は、複数の点 D V 2 を含む。複数の点 D V 2 は、投射画像 G P 1 に含まれる複数の点 D P 1 と一対一で対応する。また、複数の点 D V 2 は、画像 G F 1 に含まれる複数の点 D F 1 と一対一で対応する。また、複数の点 D V 2 は、撮像画像 G S 1 に含まれる複数の点 D V 1 と一対一で対応する。図 8 において、複数の点 D V 2 は、破線で囲われた範囲内に含まれる点である。

10

【 0 0 5 1 】

図 9 は、第 2 投射画像情報 1 0 4 の示す画像の一例を図示した模式図である。例えば、第 2 投射画像情報 1 0 4 は、画像 G F 2 を表す。プロジェクター 1 は、第 2 投射画像情報 1 0 4 に基づく投射光を投射装置 1 6 に投射させることで、スクリーン S C 1 上に投射画像 G P 2 を表示させる。換言すれば、プロジェクター 1 は、投射装置 1 6 から画像 G F 2 を投射させることで、スクリーン S C 1 上に投射画像 G P 2 を表示させる。

【 0 0 5 2 】

画像 G F 2 は、点 D F 2 1 と、点 D F 2 2 と、点 D F 2 3 と、点 D F 2 4 とを含む。点 D F 2 1 は、点 D P 2 1 と対応する。点 D F 2 2 は、点 D P 2 2 と対応する。点 D F 2 3 は、点 D P 2 3 と対応する。点 D F 2 4 は、点 D P 2 4 と対応する。

20

【 0 0 5 3 】

図 1 0 は、第 2 投射画像情報 1 0 4 の示す画像の他の例を図示した模式図である。具体的には、図 1 0 は、スクリーン S C 1 に投射画像 G P 2 が表示された状態で、プロジェクター 1 がユーザーから位置調整操作を受け付けた場合の、第 2 投射画像情報 1 0 4 の示す画像を図示した模式図である。換言すれば、図 1 0 は、位置調整操作に基づいて更新された第 2 投射画像情報 1 0 4 の示す画像を図示した模式図である。位置調整操作に基づいて更新された第 2 投射画像情報 1 0 4 は、画像 G F 3 を表す。プロジェクター 1 は、位置調整操作に基づいて更新された第 2 投射画像情報 1 0 4 に基づく投射光を投射装置 1 6 に投射させることで、スクリーン S C 1 上に投射画像 G P 3 を表示させる。換言すれば、プロ

30

【 0 0 5 4 】

画像 G F 3 は、点 D F 3 1 と、点 D F 3 2 と、点 D F 3 3 と、点 D F 3 4 とを含む。点 D F 3 1 は、位置調整操作に基づいて、点 D F 2 1 の位置が調整された結果を表す点である。点 D F 3 1 は、点 D P 3 1 と対応する。点 D F 3 2 は、位置調整操作に基づいて、点 D F 2 2 の位置が調整された結果を表す点である。点 D F 3 2 は、点 D P 3 2 と対応する。点 D F 3 3 は、位置調整操作に基づいて、点 D F 2 3 の位置が調整された結果を表す点である。点 D F 3 3 は、点 D P 3 3 と対応する。点 D F 3 4 は、位置調整操作に基づいて、点 D F 2 4 の位置が調整された結果を表す点である。点 D F 3 4 は、点 D P 3 4 と対応

40

【 0 0 5 5 】

図 4 に戻り、処理装置 1 2 は、1 または複数の C P U を含んで構成される。但し、処理装置 1 2 は、C P U の代わりに、または、C P U に加えて、F P G A 等のプログラマブルロジックデバイスを備えるものでもよい。ここで、C P U とは Central Processing Unit の略称であり、F P G A とは Field-Programmable Gate Array の略称である。

【 0 0 5 6 】

処理装置 1 2 は、処理装置 1 2 が有する C P U 等がプログラム 1 0 0 を実行することで、図 4 に示す投射制御部 1 2 0、撮像制御部 1 2 1、画像解析部 1 2 2、三次元座標管理部 1 2 3、入力管理部 1 2 4 および画像編集部 1 2 5 として機能する。

50

【 0 0 5 7 】

投射制御部 1 2 0 は、投射装置を制御することで、三次元形状の計測対象となる物体の有する投射面に対して、投射画像を表示するための投射光を投射させる。具体的には、投射制御部 1 2 0 は、投射画像情報に基づく投射光を投射装置に投射させることで、当該投射面上に投射画像を表示させる。

【 0 0 5 8 】

本実施形態において、投射制御部 1 2 0 は、投射装置 1 6 を制御することで、スクリーン S C 1 に対して投射画像を表示するための投射光を投射させる。具体的には、投射制御部 1 2 0 は、第 1 投射画像情報 1 0 3 に基づく投射光を投射装置 1 6 に投射させることで、スクリーン S C 1 上に投射画像 G P 1 を表示させる。換言すれば、投射制御部 1 2 0 は、投射装置 1 6 から、第 1 投射画像情報 1 0 3 の示す画像 G F 1 を投射させることで、スクリーン S C 1 上に投射画像 G P 1 を表示させる。

10

【 0 0 5 9 】

また、投射制御部 1 2 0 は、第 2 投射画像情報 1 0 4 に基づく投射光を投射装置 1 6 に投射させることで、スクリーン S C 1 上に投射画像 G P 2 を表示させる。換言すれば、投射制御部 1 2 0 は、投射装置 1 6 から、第 2 投射画像情報 1 0 4 の示す画像 G F 2 を投射させることで、スクリーン S C 1 上に投射画像 G P 2 を表示させる。

【 0 0 6 0 】

また、投射制御部 1 2 0 は、位置調整操作に基づいて更新された第 2 投射画像情報 1 0 4 に基づく投射光を投射装置 1 6 に投射させることで、スクリーン S C 1 上に投射画像 G P 3 を表示させる。換言すれば、投射制御部 1 2 0 は、投射装置 1 6 から、位置調整操作に基づいて更新された第 2 投射画像情報 1 0 4 の示す画像 G F 3 を投射させることで、スクリーン S C 1 上に投射画像 G P 3 を表示させる。

20

【 0 0 6 1 】

撮像制御部 1 2 1 は、撮像装置を制御することで、三次元形状の計測対象となる物体を撮像させる。また、撮像制御部 1 2 1 は、当該撮像装置から、当該物体の三次元形状を計測するために用いられる撮像画像を取得する。また、撮像制御部 1 2 1 は、取得した撮像画像を表す撮像画像情報 1 0 5 を記憶装置 1 0 に記憶させる。

【 0 0 6 2 】

本実施形態において、撮像制御部 1 2 1 は、撮像装置 1 4 を制御することで、投射画像 G P 1 が表示されたスクリーン S C 1 の領域 R 1 を含む範囲を撮像させる。すなわち、撮像制御部 1 2 1 は、撮像装置 1 4 を制御することで、投射画像 G P 1 の一部が表示されたスクリーン S C 1 の領域 R 3 を含む範囲を撮像させる。換言すれば、撮像制御部 1 2 1 は、撮像装置 1 4 を制御することで、投射画像 G P 1 に含まれる複数の点 D P 1 を撮像させる。また、撮像制御部 1 2 1 は、当該撮像の結果を表す撮像画像 G S 1 を取得する。また、撮像制御部 1 2 1 は、撮像画像 G S 1 を表す第 1 撮像画像情報 1 0 6 を記憶装置 1 0 に記憶させる。

30

【 0 0 6 3 】

また、撮像制御部 1 2 1 は、撮像装置 2 4 を制御することで、投射画像 G P 1 の一部が表示されたスクリーン S C 1 の領域 R 2 を含む範囲を撮像させる。すなわち、撮像制御部 1 2 1 は、撮像装置 2 4 を制御することで、投射画像 G P 1 の一部が表示されたスクリーン S C 1 の領域 R 3 を含む範囲を撮像させる。換言すれば、撮像制御部 1 2 1 は、撮像装置 2 4 を制御することで、投射画像 G P 1 に含まれる複数の点 D P 1 を撮像させる。また、撮像制御部 1 2 1 は、当該撮像の結果を表す撮像画像 G S 2 を取得する。また、撮像制御部 1 2 1 は、撮像画像 G S 2 を表す第 2 撮像画像情報 1 0 7 を記憶装置 1 0 に記憶させる。

40

【 0 0 6 4 】

画像解析部 1 2 2 は、各種画像情報の示す画像に対して画像処理を実行することで、当該画像に含まれる点を検出する。すなわち、画像解析部 1 2 2 は、検出された点の座標を表す二次元座標情報 1 3 0 を取得する。また、画像解析部 1 2 2 は、取得した二次元座標

50

情報 1 3 0 を記憶装置 1 0 に記憶させる。

【 0 0 6 5 】

本実施形態において、画像解析部 1 2 2 は、第 1 撮像画像情報 1 0 6 の示す撮像画像 G S 1 に対して画像処理を実行することで、撮像画像 G S 1 に含まれる複数の点を検出する。すなわち、画像解析部 1 2 2 は、撮像画像 G S 1 に含まれる複数の点の座標を表す第 6 座標情報 1 3 1 を取得する。また、画像解析部 1 2 2 は、取得した第 6 座標情報 1 3 1 を記憶装置 1 0 に記憶させる。第 6 座標情報 1 3 1 は、複数の点 D V 1 の座標を示す。

【 0 0 6 6 】

また、画像解析部 1 2 2 は、第 2 撮像画像情報 1 0 7 の示す撮像画像 G S 2 に対して画像処理を実行することで、撮像画像 G S 2 に含まれる複数の点を検出する。すなわち、画像解析部 1 2 2 は、撮像画像 G S 2 に含まれる複数の点の座標を表す第 7 座標情報 1 3 2 を取得する。また、画像解析部 1 2 2 は、取得した第 7 座標情報 1 3 2 を記憶装置 1 0 に記憶させる。第 7 座標情報 1 3 2 は、複数の点 D V 2 の座標を示す。

【 0 0 6 7 】

また、画像解析部 1 2 2 は、第 1 投射画像情報 1 0 3 の示す画像 G F 1 に対して画像処理を実行することで、画像 G F 1 に含まれる複数の点を検出する。すなわち、画像解析部 1 2 2 は、画像 G F 1 に含まれる複数の点の座標を表す第 8 座標情報 1 3 3 を取得する。また、画像解析部 1 2 2 は、取得した第 8 座標情報 1 3 3 を記憶装置 1 0 に記憶させる。第 8 座標情報 1 3 3 は、複数の点 D F 1 の座標を示す。

【 0 0 6 8 】

点の検出に係る機能において、公知の画像処理技術が用いられてもよい。点の検出に係る公知の画像処理技術として、例えば、テンプレートマッチング、重心検出、および、「A K A Z E」と呼ばれるアルゴリズム等が挙げられる。本明細書において、点の検出に係る詳細な技術的説明は省略する。

【 0 0 6 9 】

また、画像解析部 1 2 2 は、投射画像情報 1 0 2 と、撮像画像情報 1 0 5 とに基づいて、投射画像情報 1 0 2 の示す画像を投射する投射装置が有する光変調器の備える複数の画素と、撮像画像情報 1 0 5 を生成する撮像装置が有する撮像素子の備える複数の画素との対応関係を示す関係情報を生成する。換言すれば、画像解析部 1 2 2 は、投射画像情報 1 0 2 の示す画像と、撮像画像情報 1 0 5 の示す画像とに基づいて、関係情報を生成する。また、画像解析部 1 2 2 は、生成した関係情報を記憶装置 1 0 に記憶させる。

【 0 0 7 0 】

本実施形態において、画像解析部 1 2 2 は、第 1 投射画像情報 1 0 3 と、第 1 撮像画像情報 1 0 6 とに基づいて、第 1 投射画像情報 1 0 3 の示す画像 G F 1 を投射する投射装置 1 6 が有する光変調器 1 6 0 の備える複数の画素と、第 1 撮像画像情報 1 0 6 を生成する撮像装置 1 4 が有する撮像素子 1 4 0 の備える複数の画素との対応関係を示す関係情報 1 1 6 を生成する。換言すれば、画像解析部 1 2 2 は、第 1 投射画像情報 1 0 3 の示す画像 G F 1 と、第 1 撮像画像情報 1 0 6 の示す撮像画像 G S 1 とに基づいて、関係情報 1 1 6 を生成する。具体的には、画像解析部 1 2 2 は、画像 G F 1 に含まれる複数の点の座標を表す第 8 座標情報 1 3 3 と、撮像画像 G S 1 に含まれる複数の点の座標を表す第 6 座標情報 1 3 1 とに基づいて、関係情報 1 1 6 を生成する。また、画像解析部 1 2 2 は、生成した関係情報 1 1 6 を記憶装置 1 0 に記憶させる。

【 0 0 7 1 】

入力管理部 1 2 4 は、操作装置 3 0 を制御することで、ユーザーから受け付けた操作の内容を表す操作データを取得する。また、入力管理部 1 2 4 は、取得した操作データに基づいて、各種判定を実行する。

【 0 0 7 2 】

本実施形態において、入力管理部 1 2 4 は、ユーザーから受け付けた位置調整操作の内容を表す操作データを取得する。

【 0 0 7 3 】

10

20

30

40

50

また、入力管理部 1 2 4 は、ユーザーから、点 D P 2 1 ~ D P 2 4 の位置調整を終了する操作の内容を表す操作データを取得したか否かを判定する。

【 0 0 7 4 】

画像編集部 1 2 5 は、ユーザーから受け付けた位置調整操作に基づいて、投射画像情報 1 0 2 を更新する。換言すれば、画像編集部 1 2 5 は、ユーザーから受け付けた位置調整操作に基づいて、投射画像情報 1 0 2 の示す画像を更新する。また、画像編集部 1 2 5 は、ユーザーから受け付けた位置調整操作に基づいて、投射画像情報 1 0 2 の示す画像に含まれる点の座標を表す二次元座標情報 1 3 0 を更新する。

【 0 0 7 5 】

本実施形態において、画像編集部 1 2 5 は、ユーザーから受け付けた位置調整操作に基づいて、第 2 投射画像情報 1 0 4 を更新する。換言すれば、画像編集部 1 2 5 は、ユーザーから受け付けた位置調整操作に基づいて、第 2 投射画像情報 1 0 4 の示す画像を更新する。具体的には、画像編集部 1 2 5 は、ユーザーから受け付けた位置調整操作に基づいて、画像 G F 2 を画像 G F 3 へ更新する。すなわち、位置調整操作に基づいて更新された第 2 投射画像情報 1 0 4 は、画像 G F 3 を表す。また、画像編集部 1 2 5 は、ユーザーから受け付けた位置調整操作に基づいて、第 2 投射画像情報 1 0 4 の示す画像に含まれる複数の点の座標を表す第 9 座標情報 1 3 4 を更新する。位置調整操作に基づいて更新された第 9 座標情報 1 3 4 は、画像 G F 3 に含まれる点 D F 3 1 ~ D F 3 4 の座標を示す。

【 0 0 7 6 】

三次元座標管理部 1 2 3 は、各種画像情報の示す画像に基づいて、物体の三次元形状を計測した結果を表す三次元座標情報 1 1 0 を生成する。また、三次元座標管理部 1 2 3 は、生成した三次元座標情報 1 1 0 を記憶装置 1 0 に記憶させる。

【 0 0 7 7 】

本実施形態において、三次元座標管理部 1 2 3 は、内部パラメーターが既知である撮像装置 1 4 によって取得された撮像画像 G S 1 と、内部パラメーターが既知である撮像装置 2 4 によって取得された撮像画像 G S 2 とに基づいて、領域 R 3 のユークリッド復元結果を表す第 1 座標情報 1 1 1 を生成する。具体的には、三次元座標管理部 1 2 3 は、撮像画像 G S 1 に含まれる複数の点の座標を表す第 6 座標情報 1 3 1 と、撮像画像 G S 2 に含まれる複数の点の座標を表す第 7 座標情報 1 3 2 とに基づいて、第 1 座標情報 1 1 1 を生成する。また、三次元座標管理部 1 2 3 は、生成した第 1 座標情報 1 1 1 を記憶装置 1 0 に記憶させる。

【 0 0 7 8 】

また、三次元座標管理部 1 2 3 は、内部パラメーターが既知である撮像装置 1 4 によって取得された撮像画像 G S 1 と、内部パラメーターが未知である投射装置 1 6 から投射される画像 G F 1 とに基づいて、領域 R 1 の射影復元結果を表す第 2 座標情報 1 1 2 を生成する。具体的には、三次元座標管理部 1 2 3 は、撮像画像 G S 1 に含まれる複数の点の座標を表す第 6 座標情報 1 3 1 と、画像 G F 1 に含まれる複数の点の座標を表す第 8 座標情報 1 3 3 とに基づいて、第 2 座標情報 1 1 2 を生成する。また、三次元座標管理部 1 2 3 は、生成した第 2 座標情報 1 1 2 を記憶装置 1 0 に記憶させる。

【 0 0 7 9 】

なお、第 2 座標情報 1 1 2 の示す複数の点の座標は、点 D P 3 1 ~ D P 3 4 の射影復元結果を含む。点 D P 3 1 ~ D P 3 4 の射影復元結果は、関係情報 1 1 6 と、位置調整操作に基づいて更新された第 2 投射画像情報 1 0 4 に基づいて生成される。具体的には、点 D P 3 1 ~ D P 3 4 の射影復元結果は、関係情報 1 1 6 と、第 2 投射画像情報 1 0 4 の示す画像 G F 3 に含まれる点 D F 3 1 ~ D F 3 4 の座標を表す第 9 座標情報 1 3 4 とに基づいて生成される。すなわち、本実施形態において、第 2 座標情報 1 1 2 は、第 6 座標情報 1 3 1 と、第 8 座標情報 1 3 3 と、第 9 座標情報 1 3 4 と、関係情報 1 1 6 とに基づいて生成される。三次元座標管理部 1 2 3 は、第 6 座標情報 1 3 1 と、第 8 座標情報 1 3 3 と、第 9 座標情報 1 3 4 と、関係情報 1 1 6 とに基づいて、第 2 座標情報 1 1 2 を生成する。

【 0 0 8 0 】

10

20

30

40

50

ユークリッド復元結果および射影復元結果を生成する方法として、例えば、エピポーラ幾何を活用した公知の三角測量法を用いてもよい。また、三角測量を実施する場合、Essential行列の分解による公知の外部パラメータの推定を行ってもよい。また、ユークリッド復元結果および射影復元結果を生成する方法として、公知のステレオマッチングを用いてもよい。また、ステレオマッチングを実施する場合、事前に公知のステレオ平行化処理を行ってもよい。

【0081】

また、三次元座標管理部123は、三次元座標情報110の示す複数の点の座標のうちの、平面に含まれる複数の点の座標と、撮像装置14の位置を示す点の座標とに基づいて、当該平面に含まれない仮想的な点の座標を表す情報を生成する。具体的には、三次元座標管理部123は、三次元座標情報110の示す複数の点の座標のうちの、平面に含まれる複数の点の座標と、撮像装置14の位置を示す点の座標とに基づいて、当該平面に含まれる点と、撮像装置14の位置を示す点とを結んだ直線上に位置する仮想的な点であって、当該平面に含まれない仮想的な点の座標を表す情報を生成する。

10

【0082】

本実施形態において、三次元座標管理部123は、ユークリッド復元によって取得された、面SC11の領域R3に含まれる複数の点の座標を表す第1座標情報111に基づいて、面SC11およびその延長上に含まれない仮想的な点の座標を表す第3座標情報113を生成する。また、三次元座標管理部123は、生成した第3座標情報113を記憶装置10に記憶させる。

20

【0083】

また、三次元座標管理部123は、射影復元によって取得された、スクリーンSC1の領域R1に含まれる複数の点の座標を表す第2座標情報112に基づいて、スクリーンSC1の有する面SC11およびその延長上に含まれない仮想的な点の座標を表す第4座標情報114を生成する。また、三次元座標管理部123は、生成した第4座標情報114を記憶装置10に記憶させる。

【0084】

図11は、座標系FYにおける複数の点の位置関係を模式的に示した説明図である。座標系FYは、第1座標情報111の示す複数の点の座標と、第3座標情報113の示す点の座標とを表す場合に用いられる座標系である。

30

【0085】

複数の点DY1の各々は、第1座標情報111の示す座標、換言すれば領域R3のユークリッド復元結果の示す座標に位置する。すなわち、複数の点DY1は、領域R3に含まれる複数の点DP1と一対一に対応する。また、第1座標情報111は、複数の点DP1の座標系FYにおける座標を表す。領域R3は平面である面SC11に含まれることから、座標系FYにおいて、複数の点DY1は、平面SV1に含まれる。また、複数の点DY1は、点DY11を含む。すなわち、点DY11は、平面SV1に含まれる。

【0086】

点DY21は、座標系FYにおいて、撮像装置14の位置を示す点である。直線L1は、点DY11と、点DY21とを結んだ直線である。直線L1上には、点DY31が位置する。点DY31は、第3座標情報113の示す座標に位置する点である。換言すれば、第3座標情報113は、点DY31の座標を表す。また、点DY31は、平面SV1に含まれない。

40

【0087】

図12は、座標系FXにおける複数の点の位置関係を模式的に示した説明図である。座標系FXは、第2座標情報112の示す複数の点の座標と、第4座標情報114の示す点の座標とを表す場合に用いられる座標系である。

【0088】

複数の点DX1の各々は、第2座標情報112の示す座標のうちの、領域R3の射影復元結果の示す座標に位置する。すなわち、複数の点DX1は、領域R3に含まれる複数の

50

点 D P 1 と一対一で対応する。また、第 2 座標情報 1 1 2 は、複数の点 D P 1 の座標系 F X における座標を表す。座標系 F X において、複数の点 D X 1 は、平面 S V 2 に含まれる。また、複数の点 D X 1 は、点 D X 1 1 を含む。すなわち、点 D X 1 1 は、平面 S V 2 に含まれる。また、点 D X 1 1 は、点 D Y 1 1 と対応する。

【 0 0 8 9 】

点 D X 2 1 は、座標系 F X において、撮像装置 1 4 の位置を示す点である。直線 L 2 は、点 D X 1 1 と、点 D X 2 1 とを結んだ直線である。直線 L 2 上には、点 D X 3 1 が位置する。点 D X 3 1 は、第 4 座標情報 1 1 4 の示す座標に位置する点である。換言すれば、第 4 座標情報 1 1 4 は、点 D X 3 1 の座標を表す。また、点 D X 3 1 は、平面 S V 2 に含まれない。

10

【 0 0 9 0 】

図 4 に戻り、三次元座標管理部 1 2 3 は、第 1 座標情報 1 1 1 と、第 2 座標情報 1 1 2 と、第 3 座標情報 1 1 3 と、第 4 座標情報 1 1 4 とに基づいて、複数の点 D X 1 の座標を複数の点 D Y 1 の座標へ変換するための三次元射影変換行列 1 0 1 を生成する。なお、三次元射影変換行列 1 0 1 は、第 4 座標情報 1 1 4 の示す点 D X 3 1 の座標を、第 3 座標情報 1 1 3 の示す点 D Y 3 1 の座標へ変換する。すなわち、三次元射影変換行列 1 0 1 は、座標系 F X における点の座標を、座標系 F Y における点の座標へ変換する。また、三次元射影変換行列 1 0 1 は、領域 R 3 の射影復元結果を領域 R 3 のユークリッド復元結果へ変換する。また、三次元座標管理部 1 2 3 は、生成した三次元射影変換行列 1 0 1 を記憶装置 1 0 に記憶させる。

20

【 0 0 9 1 】

三次元射影変換行列 1 0 1 は、4 行 4 列の行列である。例えば、座標系 F X における点 S の座標を (x_S, y_S, z_S) 、座標系 F Y における点の座標であって、点 S と対応する点 E の座標を (x_E, y_E, z_E) 、三次元射影変換行列 1 0 1 を行列 H とする場合、点 S の座標を点 E の座標へ変換する三次元射影変換は、同次座標を用いることで、次に示す (1) 式で表される。

【 数 1 】

$$\begin{bmatrix} x_E \\ y_E \\ z_E \\ 1 \end{bmatrix} = H \begin{bmatrix} x_S \\ y_S \\ z_S \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1) \quad 30$$

対応関係にある複数の点の組に対して (1) 式を適用することで、行列 H の成分が導かれる。行列 H の成分を求める場合、(1) 式を適用する点の組の数は、5 組以上であることが好ましい。

【 0 0 9 2 】

また、三次元座標管理部 1 2 3 は、三次元射影変換行列 1 0 1 を用いて、射影復元によって得られた点 D P 3 1 ~ D P 3 4 の座標、すなわち座標系 F X における点 D P 3 1 ~ D P 3 4 の座標を変換することで、座標系 F Y における点 D P 3 1 ~ D P 3 4 の座標を取得する。具体的には、三次元座標管理部 1 2 3 は、三次元射影変換行列 1 0 1 を用いて、点 D P 3 1 ~ D P 3 4 の射影復元結果を含む第 2 座標情報 1 1 2 の示す複数の点の座標を変換することで、座標系 F Y における点 D P 3 1 ~ D P 3 4 の座標を取得する。換言すれば、三次元座標管理部 1 2 3 は、第 2 座標情報 1 1 2 と、三次元射影変換行列 1 0 1 とに基づいて、座標系 F Y における点 D P 3 1 ~ D P 3 4 の座標を表す第 5 座標情報 1 1 5 を生成する。また、三次元座標管理部 1 2 3 は、生成した第 5 座標情報 1 1 5 を記憶装置 1 0 に記憶させる。

40

【 0 0 9 3 】

図 1 3 は、第 5 座標情報 1 1 5 の示す複数の点の座標について説明するための模式図で

50

ある。第 5 座標情報 1 1 5 は、点 D Y 4 1、点 D Y 4 2、点 D Y 4 3 および点 D Y 4 4 の座標を示す。

【 0 0 9 4 】

点 D Y 4 1 は、座標系 F Y における点 D P 3 1 の座標に位置する点である。すなわち、点 D Y 4 1 は、点 D P 3 1 と対応する。また、点 D Y 4 1 は、点 D F 3 1 と対応する。

【 0 0 9 5 】

点 D Y 4 2 は、座標系 F Y における点 D P 3 2 の座標に位置する点である。すなわち、点 D Y 4 2 は、点 D P 3 2 と対応する。また、点 D Y 4 2 は、点 D F 3 2 と対応する。

【 0 0 9 6 】

点 D Y 4 3 は、座標系 F Y における点 D P 3 1 の座標に位置する点である。すなわち、点 D Y 4 3 は、点 D P 3 3 と対応する。また、点 D Y 4 3 は、点 D F 3 3 と対応する。 10

【 0 0 9 7 】

点 D Y 4 4 は、座標系 F Y における点 D P 3 1 の座標に位置する点である。すなわち、点 D Y 4 4 は、点 D P 3 4 と対応する。また、点 D Y 4 4 は、点 D F 3 4 と対応する。

【 0 0 9 8 】

四角形 S V 3 は、点 D Y 4 1 ~ D Y 4 4 を頂点とする四角形である。すなわち、四角形 S V 3 は、点 D P 3 1 ~ D P 3 4 を頂点とする四角形と対応する。四角形 S V 3 は、角 T 1 1 と、角 T 1 2 と、角 T 1 3 と、角 T 1 4 とを備える。

【 0 0 9 9 】

角 T 1 1 は、点 D Y 4 1 および点 D Y 4 2 を結んだ線分と、点 D Y 4 1 および点 D Y 4 4 を結んだ線分とがなす角である。 20

【 0 1 0 0 】

角 T 1 2 は、点 D Y 4 1 および点 D Y 4 2 を結んだ線分と、点 D Y 4 2 および点 D Y 4 3 を結んだ線分とがなす角である。

【 0 1 0 1 】

角 T 1 3 は、点 D Y 4 2 および点 D Y 4 3 を結んだ線分と、点 D Y 4 3 および点 D Y 4 4 を結んだ線分とがなす角である。

【 0 1 0 2 】

角 T 1 4 は、点 D Y 4 3 および点 D Y 4 4 を結んだ線分と、点 D Y 4 1 および点 D Y 4 4 を結んだ線分とがなす角である。 30

【 0 1 0 3 】

前述の通り、三次元射影変換行列 1 0 1 は、領域 R 3 の射影復元結果を領域 R 3 のユークリッド復元結果へ変換することができる。他方、三次元射影変換行列 1 0 1 は、領域 R 1 の射影復元結果を領域 R 1 のユークリッド復元結果へ変換することができるか否かは定かではない。このため、処理装置 1 2 は、三次元射影変換行列 1 0 1 が領域 R 1 の射影復元結果を領域 R 1 のユークリッド復元結果へ変換することができるか否かを判定する。以下、三次元射影変換行列 1 0 1 が領域 R 1 の射影復元結果を領域 R 1 のユークリッド復元結果へ変換することができるか否かを判定することを「三次元射影変換行列 1 0 1 の評価」ということがある。三次元射影変換行列 1 0 1 の評価は、四角形 S V 3 の内角の角度のうち、角 T 1 1 の角度を θ_1 、角 T 1 2 の角度を θ_2 、角 T 1 3 の角度を θ_3 、角 T 1 4 の角度を θ_4 とする場合、次に示す (2) 式の値 Q を用いて実施される。 40

【 数 2 】

$$Q = (\cos \theta_1)^2 + (\cos \theta_2)^2 + (\cos \theta_3)^2 + (\cos \theta_4)^2 \quad (2)$$

値 Q は、第 5 座標情報 1 1 5 の示す複数の点の座標に基づいて変化する。三次元射影変換行列 1 0 1 が領域 R 1 の射影復元結果を領域 R 1 のユークリッド復元結果へ変換することができる場合、三次元射影変換行列 1 0 1 を用いて領域 R 1 の射影復元結果を変換する 50

ことで得られる複数の点の座標、すなわち領域 R 1 の形状は、実物であるスクリーン S C 1 の領域 R 1 と相似な形状となる。従って、三次元射影変換行列 1 0 1 が領域 R 1 の射影復元結果を領域 R 1 のユークリッド復元結果へ変換することができる場合、三次元射影変換行列 1 0 1 に基づいて生成された第 5 座標情報 1 1 5 の示す座標に位置する点 D Y 4 1 ~ D Y 4 4 を頂点とする四角形 S V 3 の形状は、スクリーン S C 1 上に位置する点 D P 3 1 ~ D P 3 4 を頂点とする長方形と相似な形状となる。つまり、三次元射影変換行列 1 0 1 が領域 R 1 の射影復元結果を領域 R 1 のユークリッド復元結果へ変換することができる場合、 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 および θ_4 が 90° となることから、値 Q は、0 となる。

【0104】

なお、実際には、測定誤差および点 D P 3 1 ~ D P 3 4 の調整誤差等に起因して、値 Q が 0 にならない場合がある。このため、三次元射影変換行列 1 0 1 の評価において、値 Q が所定の値以下になる場合、三次元射影変換行列 1 0 1 は領域 R 1 の射影復元結果を領域 R 1 のユークリッド復元結果へ変換できると見做してもよい。本実施形態では、値 Q が所定の値以下になる場合、三次元射影変換行列 1 0 1 は領域 R 1 の射影復元結果を領域 R 1 のユークリッド復元結果へ変換できると見做す。

【0105】

値 Q が所定の値よりも大きい場合、三次元座標管理部 1 2 3 は、第 3 座標情報 1 1 3 を更新する。具体的には、三次元座標管理部 1 2 3 は、第 3 座標情報 1 1 3 の示す点 D Y 3 1 の座標を、直線 L 1 上の他の座標へ変更することで、第 3 座標情報 1 1 3 を更新する。以下、第 3 座標情報 1 1 3 を更新することを「第 1 の更新」ということがある。また、第 1 の更新が実行された場合、三次元座標管理部 1 2 3 は、更新された第 3 座標情報 1 1 3 と、第 1 座標情報 1 1 1 と、第 2 座標情報 1 1 2 と、第 4 座標情報 1 1 4 とに基づいて、三次元射影変換行列 1 0 1 を更新する。以下、三次元射影変換行列 1 0 1 を更新することを「第 2 の更新」ということがある。また、第 2 の更新が実行された場合、三次元座標管理部 1 2 3 は、更新された三次元射影変換行列 1 0 1 と、第 2 座標情報 1 1 2 とに基づいて、第 5 座標情報 1 1 5 を更新する。以下、第 5 座標情報 1 1 5 を更新することを「第 3 の更新」ということがある。すなわち、値 Q が所定の値よりも大きい場合、処理装置 1 2 は、値 Q が所定の値以下になるまで、第 1 の更新と、第 2 の更新と、第 3 の更新とを繰り返し実行する。これにより、処理装置 1 2 は、領域 R 1 の射影復元結果を領域 R 1 のユークリッド復元結果へ変換する三次元射影変換行列 1 0 1 を生成することができる。

【0106】

撮像素子 1 4 0 および撮像素子 2 4 0 は、例えば、C C D または C M O S 等を一例とするイメージセンサーである。ここで、C C D とは Charge Coupled Device の略称であり、C M O S とは Complementary Metal Oxide Semiconductor の略称である。撮像素子 1 4 0 および撮像素子 2 4 0 は、各々、複数の画素を備える。撮像装置 1 4 は、撮像制御部 1 2 1 の制御により、投射画像 G P 1 が表示されたスクリーン S C 1 の領域 R 1 を含む範囲を撮像する。撮像素子 1 4 0 は、投射画像 G P 1 が表示されたスクリーン S C 1 の領域 R 1 を含む範囲を撮像した結果を表す第 1 撮像画像情報 1 0 6 を処理装置 1 2 へ出力する。換言すれば、撮像素子 1 4 0 は、第 1 撮像画像情報 1 0 6 の示す撮像画像 G S 1 を処理装置 1 2 へ出力する。撮像装置 2 4 は、撮像制御部 1 2 1 の制御により、投射画像 G P 1 の一部が表示されたスクリーン S C 1 の領域 R 2 を含む範囲を撮像する。撮像素子 2 4 0 は、投射画像 G P 1 の一部が表示されたスクリーン S C 1 の領域 R 2 を含む範囲を撮像した結果を表す第 2 撮像画像情報 1 0 7 を処理装置 1 2 へ出力する。換言すれば、撮像素子 2 4 0 は、第 2 撮像画像情報 1 0 7 の示す撮像画像 G S 2 を処理装置 1 2 へ出力する。

【0107】

光変調器 1 6 0 および光変調器 2 6 0 は、例えば、1 または複数の D M D または液晶パネル等を含む。光変調器 1 6 0 および光変調器 2 6 0 は、各々、複数の画素を備える。光変調器 1 6 0 および光変調器 2 6 0 は、処理装置 1 2 から入力される信号に基づいて、光源から発せられた光を、投射面上に投射画像を表示するための投射光に変調する。光源は

、例えば、ハロゲンランプ、キセノンランプ、超高圧水銀ランプ、LEDまたはレーザー光源等を含む。ここで、LEDとはLight Emitting Diodeの略称であり、DMDとはDigital Mirror Deviceの略称である。

【0108】

投射装置16は、投射制御部120の制御により、投射面上に投射画像を表示するための投射光を投射する。換言すれば、投射装置16は、処理装置12から入力された画像を投射面へ投射する。本実施形態において、投射装置16は、投射制御部120の制御により、スクリーンSC1上に投射画像を表示するための投射光を投射する。具体的には、投射装置16は、処理装置12から入力された画像GF1をスクリーンSC1に投射することで、スクリーンSC1上に投射画像GP1を表示する。また、投射装置16は、処理装置12から入力された画像GF2をスクリーンSC1に投射することで、スクリーンSC1上に投射画像GP2を表示する。また、投射装置16は、処理装置12から入力された画像GF3をスクリーンSC1に投射することで、スクリーンSC1上に投射画像GP3を表示する。

10

【0109】

内部パラメータは、具体的には、物体の形状を計測するために用いられる装置の光学系に関するパラメータである。より具体的には、内部パラメータは、物体の形状を計測するために用いられる装置の備えるレンズに関するパラメータを含む。例えば、撮像装置14において、内部パラメータは、撮像レンズ142に関するパラメータと、撮像素子140に関するパラメータとを含む。また、撮像装置24において、内部パラメータは、撮像レンズ242に関するパラメータと、撮像素子240に関するパラメータとを含む。また、投射装置16において、内部パラメータは、投射レンズ162に関するパラメータと、光変調器160に関するパラメータとを含む。また、投射装置26において、内部パラメータは、投射レンズ262に関するパラメータと、光変調器260に関するパラメータとを含む。

20

【0110】

通信装置18は、例えば、コネクタおよびインターフェース回路を有するインターフェース基板を含み、外部端末、外部記憶装置または外部サーバー等から各種情報を受信する機能と、外部端末、外部記憶装置または外部サーバー等へ各種情報を送信する機能とを有する。通信装置18は、有線通信を利用して各種情報を送受信してもよいし、無線通信を利用して各種情報を送受信してもよい。無線通信が利用される場合、通信装置18は、所定の通信規格に準拠した無線通信に対応するアンテナを含んで構成される。本実施形態において、通信装置18は、プロジェクター2と通信可能に接続され、プロジェクター2との間で各種情報を送受信する。

30

【0111】

操作装置30は、プロジェクター1のユーザーから、プロジェクター1に対する入力操作を受け付ける。操作装置30は、例えば、プロジェクター1の筐体に設けられたタッチパネルまたは操作ボタン等を含んで構成される。操作装置30がタッチパネルを含んで構成される場合、操作装置30は、検出したタッチ位置を示すデータを処理装置12へ出力する。また、操作装置30が操作ボタンを含んで構成される場合、操作装置30は、押下されたボタンを識別するデータを処理装置12へ出力する。これにより、プロジェクター1に対する入力操作の内容が処理装置12へ伝達される。本実施形態において、操作装置30は、ユーザーから位置調整操作を受け付ける。また、操作装置30は、位置調整操作の内容を表す操作データを処理装置12へ出力する。

40

【0112】

1.3. 計測システムの動作

図14は、実施形態に係る計測システムSysの動作について説明するためのフローチャートである。当該フローチャートに示す一連の動作は、例えば、プロジェクター1およびプロジェクター2の電源がONになり、プロジェクター1がユーザーから動作開始に関する入力操作を受け付けた際に開始される。

50

【 0 1 1 3 】

ステップ S 1 0 1 において、投射制御部 1 2 0 は、第 1 投射画像情報 1 0 3 に基づく投射光を投射装置 1 6 に投射させることで、スクリーン S C 1 上に投射画像 G P 1 を表示させる。換言すれば、投射制御部 1 2 0 は、投射装置 1 6 から、第 1 投射画像情報 1 0 3 の示す画像 G F 1 を投射させることで、スクリーン S C 1 上に投射画像 G P 1 を表示させる。

【 0 1 1 4 】

ステップ S 1 0 2 において、撮像制御部 1 2 1 は、撮像装置 1 4 を制御することで、投射画像 G P 1 が表示されたスクリーン S C 1 の領域 R 1 を含む範囲を撮像させる。すなわち、撮像制御部 1 2 1 は、撮像装置 1 4 を制御することで、投射画像 G P 1 に含まれる複数の点 D P 1 を撮像させる。また、撮像制御部 1 2 1 は、当該撮像の結果を表す撮像画像 G S 1 を取得する。また、撮像制御部 1 2 1 は、撮像画像 G S 1 を表す第 1 撮像画像情報 1 0 6 を記憶装置 1 0 に記憶させる。

10

【 0 1 1 5 】

ステップ S 1 0 3 において、撮像制御部 1 2 1 は、撮像装置 2 4 を制御することで、投射画像 G P 1 の一部が表示されたスクリーン S C 1 の領域 R 2 を含む範囲を撮像させる。すなわち、撮像制御部 1 2 1 は、撮像装置 2 4 を制御することで、投射画像 G P 1 に含まれる複数の点 D P 1 を撮像させる。また、撮像制御部 1 2 1 は、当該撮像の結果を表す撮像画像 G S 2 を取得する。また、撮像制御部 1 2 1 は、撮像画像 G S 2 を表す第 2 撮像画像情報 1 0 7 を記憶装置 1 0 に記憶させる。

20

【 0 1 1 6 】

ステップ S 1 0 4 において、画像解析部 1 2 2 は、第 1 撮像画像情報 1 0 6 の示す撮像画像 G S 1 に対して画像処理を実行することで、撮像画像 G S 1 に含まれる複数の点を検出する。すなわち、画像解析部 1 2 2 は、撮像画像 G S 1 に含まれる複数の点の座標を表す第 6 座標情報 1 3 1 を取得する。また、画像解析部 1 2 2 は、取得した第 6 座標情報 1 3 1 を記憶装置 1 0 に記憶させる。

【 0 1 1 7 】

また、画像解析部 1 2 2 は、第 2 撮像画像情報 1 0 7 の示す撮像画像 G S 2 に対して画像処理を実行することで、撮像画像 G S 2 に含まれる複数の点を検出する。すなわち、画像解析部 1 2 2 は、撮像画像 G S 2 に含まれる複数の点の座標を表す第 7 座標情報 1 3 2 を取得する。また、画像解析部 1 2 2 は、取得した第 7 座標情報 1 3 2 を記憶装置 1 0 に記憶させる。

30

【 0 1 1 8 】

また、画像解析部 1 2 2 は、第 1 投射画像情報 1 0 3 の示す画像 G F 1 に対して画像処理を実行することで、画像 G F 1 に含まれる複数の点を検出する。すなわち、画像解析部 1 2 2 は、画像 G F 1 に含まれる複数の点の座標を表す第 8 座標情報 1 3 3 を取得する。また、画像解析部 1 2 2 は、取得した第 8 座標情報 1 3 3 を記憶装置 1 0 に記憶させる。

【 0 1 1 9 】

ステップ S 1 0 5 において、画像解析部 1 2 2 は、第 1 投射画像情報 1 0 3 と、第 1 撮像画像情報 1 0 6 とに基づいて、第 1 投射画像情報 1 0 3 の示す画像 G F 1 を投射する投射装置 1 6 が有する光変調器 1 6 0 の備える複数の画素と、第 1 撮像画像情報 1 0 6 を生成する撮像装置 1 4 が有する撮像素子 1 4 0 の備える複数の画素との対応関係を示す関係情報 1 1 6 を生成する。換言すれば、画像解析部 1 2 2 は、第 1 投射画像情報 1 0 3 の示す画像 G F 1 と、第 1 撮像画像情報 1 0 6 の示す撮像画像 G S 1 とに基づいて、関係情報 1 1 6 を生成する。具体的には、画像解析部 1 2 2 は、画像 G F 1 に含まれる複数の点の座標を表す第 8 座標情報 1 3 3 と、撮像画像 G S 1 に含まれる複数の点の座標を表す第 6 座標情報 1 3 1 とに基づいて、関係情報 1 1 6 を生成する。また、画像解析部 1 2 2 は、生成した関係情報 1 1 6 を記憶装置 1 0 に記憶させる。

40

【 0 1 2 0 】

ステップ S 1 0 6 において、投射制御部 1 2 0 は、第 2 投射画像情報 1 0 4 に基づく投

50

射光を投射装置 16 に投射させることで、スクリーン S C 1 上に投射画像 G P 2 を表示させる。換言すれば、投射制御部 120 は、投射装置 16 から、第 2 投射画像情報 104 の示す画像 G F 2 を投射させることで、スクリーン S C 1 上に投射画像 G P 2 を表示させる。

【0121】

スクリーン S C 1 上に投射画像 G P 2 が表示された場合、ユーザーは、位置調整操作を実行することで、点 D P 2 1 ~ D P 2 4 を頂点とする四角形の形状を長方形に調整する。操作装置 30 は、ユーザーから、点 D P 2 1 ~ D P 2 4 を頂点とする四角形の形状を長方形に調整するための位置調整操作を受け付ける。

【0122】

ステップ S 107 において、入力管理部 124 は、操作装置 30 を制御することで、ユーザーから受け付けた位置調整操作の内容を表す操作データを取得する。

【0123】

ステップ S 108 において、画像編集部 125 は、ユーザーから受け付けた位置調整操作に基づいて、第 2 投射画像情報 104 を更新する。換言すれば、画像編集部 125 は、ユーザーから受け付けた位置調整操作に基づいて、第 2 投射画像情報 104 の示す G F 2 を画像 G F 3 へ更新する。投射装置 16 は、処理装置 12 から入力された画像 G F 3 をスクリーン S C 1 に投射することで、スクリーン S C 1 上に表示される投射画像を、投射画像 G P 2 から投射画像 G P 3 へ更新する。また、画像編集部 125 は、ユーザーから受け付けた位置調整操作に基づいて、第 2 投射画像情報 104 の示す画像に含まれる複数の点の座標を表す第 9 座標情報 134 を更新する。

【0124】

ステップ S 109 において、入力管理部 124 は、ユーザーから、点 D P 2 1 ~ D P 2 4 の位置調整を終了する操作の内容を表す操作データを取得したか否かを判定する。点 D P 2 1 ~ D P 2 4 の位置調整を終了する操作の内容を表す操作データを取得した場合、すなわち、ステップ S 109 で Y E S の場合、入力管理部 124 は処理をステップ S 107 へ進める。また、点 D P 2 1 ~ D P 2 4 の位置調整を終了する操作の内容を表す操作データを取得していない場合、すなわち、ステップ S 109 で N O の場合、入力管理部 124 は処理をステップ S 107 へ進める。

【0125】

ステップ S 110 において、三次元座標管理部 123 は、内部パラメーターが既知である撮像装置 14 によって取得された撮像画像 G S 1 と、内部パラメーターが既知である撮像装置 24 によって取得された撮像画像 G S 2 とに基づいて、領域 R 3 のユークリッド復元結果を表す第 1 座標情報 111 を生成する。具体的には、三次元座標管理部 123 は、第 6 座標情報 131 と、第 7 座標情報 132 とに基づいて、第 1 座標情報 111 を生成する。また、三次元座標管理部 123 は、生成した第 1 座標情報 111 を記憶装置 10 に記憶させる。

【0126】

ステップ S 111 において、三次元座標管理部 123 は、内部パラメーターが既知である撮像装置 14 によって取得された撮像画像 G S 1 と、内部パラメーターが未知である投射装置 16 から投射される画像 G F 1 とに基づいて、領域 R 1 の射影復元結果を表す第 2 座標情報 112 を生成する。具体的には、三次元座標管理部 123 は、撮像画像 G S 1 に含まれる複数の点の座標を表す第 6 座標情報 131 と、画像 G F 1 に含まれる複数の点の座標を表す第 8 座標情報 133 と、位置調整操作に基づいて更新された第 9 座標情報 134 と、関係情報 116 とに基づいて、第 2 座標情報 112 を生成する。また、三次元座標管理部 123 は、生成した第 2 座標情報 112 を記憶装置 10 に記憶させる。

【0127】

ステップ S 112 において、三次元座標管理部 123 は、第 1 座標情報 111 に基づいて、平面 S V 1 に含まれない点 D Y 3 1 の座標を表す第 3 座標情報 113 を生成する。また、三次元座標管理部 123 は、生成した第 3 座標情報 113 を記憶装置 10 に記憶させ

10

20

30

40

50

る。

【 0 1 2 8 】

ステップ S 1 1 3 において、三次元座標管理部 1 2 3 は、第 2 座標情報 1 1 2 に基づいて、平面 S V 2 に含まれない点 D X 3 1 の座標を表す第 4 座標情報 1 1 4 を生成する。また、三次元座標管理部 1 2 3 は、生成した第 4 座標情報 1 1 4 を記憶装置 1 0 に記憶させる。

【 0 1 2 9 】

ステップ S 1 1 4 において、三次元座標管理部 1 2 3 は、第 1 座標情報 1 1 1 と、第 2 座標情報 1 1 2 と、第 3 座標情報 1 1 3 と、第 4 座標情報 1 1 4 とに基づいて、複数の点 D X 1 の座標を複数の点 D Y 1 の座標へ変換するための三次元射影変換行列 1 0 1 を生成する。また、三次元座標管理部 1 2 3 は、生成した三次元射影変換行列 1 0 1 を記憶装置 1 0 に記憶させる。

10

【 0 1 3 0 】

すなわち、処理装置 1 2 は、面 S C 1 1 に含まれる複数の点 D P 1 の座標系 F Y における座標を表す第 1 座標情報 1 1 1、および、複数の点 D P 1 の座標系 F X における座標を表す第 2 座標情報 1 1 2 に加え、面 S C 1 1 およびその延長上に含まれない仮想的な点の座標を表す第 3 座標情報 1 1 3 および第 4 座標情報 1 1 4 を用いることで、同一平面上に存在する複数の点の座標を変換する三次元射影変換行列 1 0 1 を生成することができる。

【 0 1 3 1 】

ステップ S 1 1 5 において、三次元座標管理部 1 2 3 は、第 2 座標情報 1 1 2 と、三次元射影変換行列 1 0 1 とに基づいて、座標系 F Y における点 D P 3 1 ~ D P 3 4 の座標を表す第 5 座標情報 1 1 5 を生成する。また、三次元座標管理部 1 2 3 は、生成した第 5 座標情報 1 1 5 を記憶装置 1 0 に記憶させる。

20

【 0 1 3 2 】

ステップ S 1 1 6 において、三次元座標管理部 1 2 3 は、三次元射影変換行列 1 0 1 の評価を実施する。すなわち、三次元座標管理部 1 2 3 は、値 Q が所定の値以下であるか否かを判定する。値 Q が所定の値以下である場合、すなわち、ステップ S 1 1 6 で Y E S の場合、三次元座標管理部 1 2 3 を備える処理装置 1 2 は図 1 4 のフローチャートに示す一連の動作を終了させる。また、値 Q が所定の値よりも大きい場合、すなわち、ステップ S 1 1 6 で N O の場合、三次元座標管理部 1 2 3 は処理をステップ S 1 1 7 へ進める。

30

【 0 1 3 3 】

ステップ S 1 1 7 において、三次元座標管理部 1 2 3 は、第 3 座標情報 1 1 3 を更新する第 1 の更新を実行する。具体的には、三次元座標管理部 1 2 3 は、第 3 座標情報 1 1 3 の示す点 D Y 3 1 の座標を、直線 L 1 上の他の座標へ変更することで、第 1 の更新を実行する。

【 0 1 3 4 】

ステップ S 1 1 8 において、三次元座標管理部 1 2 3 は、第 1 の更新によって更新された第 3 座標情報 1 1 3 と、第 1 座標情報 1 1 1 と、第 2 座標情報 1 1 2 と、第 4 座標情報 1 1 4 とに基づいて、三次元射影変換行列 1 0 1 を更新する第 2 の更新を実行する。

【 0 1 3 5 】

ステップ S 1 1 9 において、三次元座標管理部 1 2 3 は、第 2 の更新によって更新された三次元射影変換行列 1 0 1 と、第 2 座標情報 1 1 2 とに基づいて、第 5 座標情報 1 1 5 を更新する第 3 の更新を実行する。

40

【 0 1 3 6 】

処理装置 1 2 は、値 Q が所定の値以下になるまで、換言すれば、ステップ S 1 1 6 の判定結果が Y E S になるまで、第 1 の更新と、第 2 の更新と、第 3 の更新とを繰り返し実行する。これにより、処理装置 1 2 は、領域 R 1 の射影復元結果を領域 R 1 のユークリッド復元結果へ変換する三次元射影変換行列 1 0 1 を生成することができる。

【 0 1 3 7 】

以上より、実施形態によれば、計測システム S y s は、同一平面上に存在する複数の点

50

の座標に加え、当該平面上に存在しない仮想的な点の座標を用いて、三次元射影変換行列を生成する。すなわち、計測システム Sys は、同一平面上に存在する複数の点の座標を変換する三次元射影変換行列を生成することができる。

【0138】

また、実施形態によれば、計測システム Sys は、同一平面上に存在する複数の点の座標を変換する三次元射影変換行列を用いて、当該平面を含む領域の射影復元結果を変換することで、当該平面を含む領域のユークリッド復元結果を取得することができる。すなわち、計測システム Sys は、計測対象となる物体に、平面の領域と、非平面の領域とが含まれる場合であっても、物体の形状を正確に計測することができる。

【0139】

以上に説明したように、実施形態に係る計測方法は、平面である面 $SC11$ と、非平面である面 $SC12$ と、を含むスクリーン $SC1$ において、面 $SC11$ の領域 $R3$ に含まれる複数の点 $DP1$ の座標系 FY における座標を表す第1座標情報 111 を生成することと、複数の点 $DP1$ の座標系 FX における座標を表す第2座標情報 112 を生成することと、座標系 FY において、平面 $SV1$ に含まれない点 $DY31$ の座標を表す第3座標情報 113 を生成することと、座標系 FX において、平面 $SV2$ に含まれない点 $DX31$ の座標を表す第4座標情報 114 を生成することと、第1座標情報 111 と、第2座標情報 112 と、第3座標情報 113 と、第4座標情報 114 と、に基づいて、座標系 FX における複数の点 $DP1$ の座標を座標系 FY における複数の点 $DP1$ の座標へ変換するための三次元射影変換行列 101 を生成することと、三次元射影変換行列 101 に基づいて、スクリーン $SC1$ に含まれる点 $DP31 \sim DP34$ の座標系 FY における座標を表す第5座標情報 115 を生成することと、第5座標情報 115 の示す座標が所定の条件を充足しない場合、第3座標情報 113 および第4座標情報 114 の少なくとも一方を更新する第1の更新を実行し、第1の更新の結果に基づいて三次元射影変換行列 101 を更新する第2の更新を実行し、第2の更新によって更新された三次元射影変換行列 101 に基づいて第5座標情報 115 を更新する第3の更新を実行することと、を含み、点 $DP31 \sim DP34$ を頂点とする四角形は、所定の形状となり、点 $DP31 \sim DP34$ のうちの少なくとも一つは、面 $SC12$ に含まれる。

【0140】

また、実施形態に係る計測システム Sys は、平面である面 $SC11$ と、非平面である面 $SC12$ と、を含むスクリーン $SC1$ において、面 $SC11$ の領域 $R3$ に含まれる複数の点 $DP1$ の座標系 FY における座標を表す第1座標情報 111 を生成することと、複数の点 $DP1$ の座標系 FX における座標を表す第2座標情報 112 を生成することと、座標系 FY において、平面 $SV1$ に含まれない点 $DY31$ の座標を表す第3座標情報 113 を生成することと、座標系 FX において、平面 $SV2$ に含まれない点 $DX31$ の座標を表す第4座標情報 114 を生成することと、第1座標情報 111 と、第2座標情報 112 と、第3座標情報 113 と、第4座標情報 114 と、に基づいて、座標系 FX における複数の点 $DP1$ の座標を座標系 FY における複数の点 $DP1$ の座標へ変換するための三次元射影変換行列 101 を生成することと、三次元射影変換行列 101 に基づいて、スクリーン $SC1$ に含まれる点 $DP31 \sim DP34$ の座標系 FY における座標を表す第5座標情報 115 を生成することと、第5座標情報 115 の示す座標が所定の条件を充足しない場合、第3座標情報 113 および第4座標情報 114 の少なくとも一方を更新する第1の更新を実行し、第1の更新の結果に基づいて三次元射影変換行列 101 を更新する第2の更新を実行し、第2の更新によって更新された三次元射影変換行列 101 に基づいて第5座標情報 115 を更新する第3の更新を実行することと、を実行する処理装置 12 を備え、点 $DP31 \sim DP34$ を頂点とする四角形は、所定の形状となり、点 $DP31 \sim DP34$ のうちの少なくとも一つは、面 $SC12$ に含まれる。

【0141】

また、実施形態に係るプロジェクター 1 は、平面である面 $SC11$ と、非平面である面 $SC12$ と、を含むスクリーン $SC1$ において、面 $SC11$ の領域 $R3$ に含まれる複数の

点 D P 1 の座標系 F Y における座標を表す第 1 座標情報 1 1 1 を生成することと、複数の点 D P 1 の座標系 F X における座標を表す第 2 座標情報 1 1 2 を生成することと、座標系 F Y において、平面 S V 1 に含まれない点 D Y 3 1 の座標を表す第 3 座標情報 1 1 3 を生成することと、座標系 F X において、平面 S V 2 に含まれない点 D X 3 1 の座標を表す第 4 座標情報 1 1 4 を生成することと、第 1 座標情報 1 1 1 と、第 2 座標情報 1 1 2 と、第 3 座標情報 1 1 3 と、第 4 座標情報 1 1 4 と、に基づいて、座標系 F X における複数の点 D P 1 の座標を座標系 F Y における複数の点 D P 1 の座標へ変換するための三次元射影変換行列 1 0 1 を生成することと、三次元射影変換行列 1 0 1 に基づいて、スクリーン S C 1 に含まれる点 D P 3 1 ~ D P 3 4 の座標系 F Y における座標を表す第 5 座標情報 1 1 5 を生成することと、第 5 座標情報 1 1 5 の示す座標が所定の条件を充足しない場合、第 3 座標情報 1 1 3 および第 4 座標情報 1 1 4 の少なくとも一方を更新する第 1 の更新を実行し、第 1 の更新の結果に基づいて三次元射影変換行列 1 0 1 を更新する第 2 の更新を実行し、第 2 の更新によって更新された三次元射影変換行列 1 0 1 に基づいて第 5 座標情報 1 1 5 を更新する第 3 の更新を実行することと、を実行する処理装置 1 2 を備え、点 D P 3 1 ~ D P 3 4 を頂点とする四角形は、所定の形状となり、点 D P 3 1 ~ D P 3 4 のうちの少なくとも一つは、面 S C 1 2 に含まれる。

10

【 0 1 4 2 】

すなわち、計測システム S y s は、同一平面上に存在する複数の点の座標に加え、当該平面上に存在しない仮想的な点の座標を用いて、三次元射影変換行列 1 0 1 を生成する。これにより、計測システム S y s は、同一平面上に存在する複数の点の座標を変換する三次元射影変換行列 1 0 1 を生成することができる。また、三次元射影変換行列 1 0 1 は、平面部と、非平面部とを含む領域の複数の点の座標系を変換することができる。このため、計測システム S y s は、計測対象となる物体に、平面の領域と、非平面の領域とが含まれる場合であっても、物体の形状を計測することができる。

20

【 0 1 4 3 】

なお、実施形態において、計測システム S y s は「計測システム」の一例であり、プロジェクター 1 は「情報処理装置」の一例であり、面 S C 1 1 は「第 1 の面」の一例であり、面 S C 1 2 は「第 2 の面」の一例であり、スクリーン S C 1 は「スクリーン」の一例であり、領域 R 3 は「第 1 領域」の一例であり、複数の点 D P 1 は「複数の第 1 の点」の一例であり、座標系 F Y は「第 1 の座標系」の一例であり、第 1 座標情報 1 1 1 は「第 1 座標情報」の一例であり、座標系 F X は「第 2 の座標系」の一例であり、第 2 座標情報 1 1 2 は「第 2 座標情報」の一例であり、点 D Y 3 1 は「第 2 の点」の一例であり、第 3 座標情報 1 1 3 は「第 3 座標情報」の一例であり、点 D X 3 1 は「第 3 の点」の一例であり、第 4 座標情報 1 1 4 は「第 4 座標情報」の一例であり、三次元射影変換行列 1 0 1 は「三次元射影変換行列」の一例であり、点 D P 3 1 ~ D P 3 4 は「四つの設定点」の一例であり、第 5 座標情報 1 1 5 は「第 5 座標情報」の一例であり、処理装置 1 2 は「処理装置」の一例である。また、「第 1 の座標系において、複数の第 1 の点を含む平面」は平面 S V 1 を一例とする。また、「第 2 の座標系において、複数の第 1 の点を含む平面」は平面 S V 2 を一例とする。また、「所定の形状」は長方形を一例とする。また、「所定の条件」は値 Q が所定の値以下になることを一例とする。

30

40

【 0 1 4 4 】

また、実施形態に係る計測方法は、撮像装置 1 4 を制御することで、領域 R 3 を含む範囲を撮像した撮像画像 G S 1 を取得することを更に含み、第 1 座標情報 1 1 1 および第 2 座標情報 1 1 2 の少なくとも一方は、撮像画像 G S 1 に基づいて生成される。

【 0 1 4 5 】

すなわち、計測システム S y s は、撮像装置を用いて、物体の形状を計測する。これにより、計測システム S y s は、物体の形状を正確に計測することができる。

【 0 1 4 6 】

なお、実施形態において、撮像装置 1 4 は「撮像装置」の一例であり、撮像画像 G S 1 は「撮像画像」の一例である。

50

【 0 1 4 7 】

また、実施形態に係る計測方法において、点 D Y 3 1 は、座標系 F Y において、撮像装置 1 4 の位置を示す点 D Y 2 1 と、平面 S V 1 に含まれる点 D Y 1 1 と、を結ぶ直線 L 1 上に位置し、点 D X 3 1 は、座標系 F X において、撮像装置 1 4 の位置を示す点 D X 2 1 と、平面 S V 2 に含まれる点であって、点 D Y 1 1 と対応する点 D X 1 1 と、を結ぶ直線 L 2 上に位置する。

【 0 1 4 8 】

すなわち、計測システム S y s は、平面上に存在しない仮想的な点の座標を、撮像装置の位置を示す点と、当該平面に含まれる点とを結んだ直線上に設定する。これにより、計測システム S y s は、三次元射影変換行列 1 0 1 を生成する精度を高めることができる。

10

【 0 1 4 9 】

なお、実施形態において、点 D Y 1 1 は「第 4 の点」の一例であり、点 D X 1 1 は「第 5 の点」の一例であり、直線 L 1 は「第 1 の直線」の一例であり、直線 L 2 は「第 2 の直線」の一例である。また、「第 1 の座標系において、撮像装置の位置を示す点」は点 D Y 2 1 を一例とする。また、「第 2 の座標系において、撮像装置の位置を示す点」は点 D X 2 1 を一例とする。

【 0 1 5 0 】

また、実施形態に係る計測方法において、第 1 の更新が第 3 座標情報 1 1 3 を更新することを含む場合、第 3 座標情報 1 1 3 を更新することは、点 D Y 3 1 の座標を、直線 L 1 上の他の座標へ変更することを含み、第 1 の更新が第 4 座標情報 1 1 4 を更新することを含む場合、第 4 座標情報 1 1 4 を更新することは、点 D X 3 1 の座標を、直線 L 2 上の他の座標へ変更することを含む。

20

【 0 1 5 1 】

すなわち、計測システム S y s は、平面上に存在しない仮想的な点の座標を、撮像装置の位置を示す点と、当該平面に含まれる点とを結んだ直線上において変更する。これにより、計測システム S y s は、三次元射影変換行列 1 0 1 の更新を、高精度かつ高速に行うことができる。

【 0 1 5 2 】

また、実施形態に係る計測方法において、第 5 座標情報 1 1 5 を生成することは、スクリーン S C 1 に画像を投射する投射装置 1 6 から、点 D P 3 1 ~ D P 3 4 と一対一で対応する点 D F 3 1 ~ D F 3 4 を含む画像 G F 3 を投射させることで、スクリーン S C 1 上に投射画像 G P 3 を表示させることを含み、点 D P 3 1 ~ D P 3 4 は、投射画像 G P 3 に含まれる。

30

【 0 1 5 3 】

すなわち、計測システム S y s は、点 D P 3 1 ~ D P 3 4 の位置を簡便に表示することができる。これにより、ユーザーは、点 D P 3 1 ~ D P 3 4 の位置調整を容易に行うことができる。

【 0 1 5 4 】

なお、実施形態において、投射装置 1 6 は「投射装置」の一例であり、点 D F 3 1 ~ D F 3 4 は「四つの第 6 の点」の一例であり、画像 G F 3 は「第 1 のパターン画像」の一例であり、投射画像 G P 3 は「第 1 投射画像」の一例である。

40

【 0 1 5 5 】

また、実施形態に係る計測方法は、スクリーン S C 1 に画像を投射する投射装置 1 6 から、複数の点 D P 1 と一対一で対応する複数の点 D F 1 を含む画像 G F 1 を投射させることで、スクリーン S C 1 上に投射画像 G P 1 を表示させることを更に含み、撮像画像 G S 1 は、複数の点 D P 1 と一対一で対応する複数の点 D V 1 を含み、第 1 座標情報 1 1 1 および第 2 座標情報 1 1 2 のどちらか一方は、撮像画像 G S 1 と、画像 G F 1 と、に基づいて生成される。

【 0 1 5 6 】

すなわち、計測システム S y s は、撮像装置および投射装置を用いて、物体の形状を計

50

測する。これにより、計測システム $S y s$ は、物体の形状を正確に計測することができる。

【 0 1 5 7 】

なお、実施形態において、複数の点 $D F 1$ は「複数の第 7 の点」の一例であり、画像 $G F 1$ は「第 2 のパターン画像」の一例であり、投射画像 $G P 1$ は「第 2 投射画像」の一例であり、複数の点 $D V 1$ は「複数の第 8 の点」の一例である。

【 0 1 5 8 】

また、実施形態に係る計測方法において、第 1 座標情報 $1 1 1$ を生成することは、撮像レンズ $1 4 2$ を備え、撮像レンズ $1 4 2$ に関する内部パラメーターが既知である撮像装置 $1 4$ に入力された画像および撮像装置 $1 4$ から出力される画像のいずれか一方である撮像画像 $G S 1$ と、撮像レンズ $2 4 2$ を備え、撮像レンズ $2 4 2$ に関する内部パラメーターが既知である撮像装置 $2 4$ に入力された画像および撮像装置 $2 4$ から出力される画像のいずれか一方である撮像画像 $G S 2$ と、に基づいて、第 1 座標情報 $1 1 1$ を生成することを含み、第 2 座標情報 $1 1 2$ を生成することは、投射レンズ $1 6 2$ を備え、投射レンズ $1 6 2$ に関する内部パラメーターが未知である投射装置 $1 6$ に入力された画像および投射装置 $1 6$ から出力される画像のいずれか一方である画像 $G F 1$ と、撮像画像 $G S 1$ と、に基づいて、第 2 座標情報 $1 1 2$ を生成することを含み、撮像装置 $1 4$ 、撮像装置 $2 4$ および投射装置 $1 6$ のうちの少なくとも一つは、スクリーン $S C 1$ を撮像する撮像装置である。

【 0 1 5 9 】

すなわち、第 1 座標情報 $1 1 1$ は、平面上に設定された領域 $R 3$ のユークリッド復元結果を表す。また、第 2 座標情報 $1 1 2$ は、領域 $R 3$ の射影復元結果を表す。従って、三次元射影変換行列 $1 0 1$ は、領域 $R 3$ を含む領域の射影復元結果を、当該領域 $R 3$ を含む領域のユークリッド復元結果へ変換することができる。これにより、計測システム $S y s$ は、計測対象となる物体に、平面の領域と、非平面の領域とが含まれる場合であっても、物体の形状を正確に計測することができる。

【 0 1 6 0 】

なお、実施形態において、撮像レンズ $1 4 2$ は「第 1 レンズ」の一例であり、撮像装置 $1 4$ は「第 1 の装置」の一例であり、撮像画像 $G S 1$ は「第 1 の画像」の一例であり、撮像レンズ $2 4 2$ は「第 2 レンズ」の一例であり、撮像装置 $2 4$ は「第 2 の装置」の一例であり、撮像画像 $G S 2$ は「第 2 の画像」の一例であり、投射レンズ $1 6 2$ は「第 3 レンズ」の一例であり、投射装置 $1 6$ は「第 3 の装置」の一例であり、画像 $G F 1$ は「第 3 の画像」の一例である。

【 0 1 6 1 】

2. 変形例

以上の実施形態は多様に変形され得る。具体的な変形の態様を以下に例示する。また、以下の例示から任意に選択された 2 以上の態様は、相互に矛盾しない範囲内で適宜併合され得る。なお、以下に例示する変形例において作用や機能が前述の実施形態と同等である要素については、以上の説明で使用した符号を流用して各々の詳細な説明を適宜省略する。

【 0 1 6 2 】

2. 1. 変形例 1

前述の実施形態では、内部パラメーターが既知である二つの撮像装置と、内部パラメーターが未知である投射装置とを含む計測システムにおいて、当該内部パラメーターが未知である投射装置の校正作業を実施することなく、当該内部パラメーターが未知である投射装置を用いてユークリッド復元結果を取得する場合を例示したが、本発明はこのような態様に限定されるものではない。例えば、計測システムは、内部パラメーターが既知である撮像装置と、内部パラメーターが既知である投射装置と、内部パラメーターが未知である撮像装置とを含むものであってもよい。内部パラメーターが既知である撮像装置と、内部パラメーターが既知である投射装置と、内部パラメーターが未知である撮像装置とを含む計測システムにおいて、当該内部パラメーターが未知である撮像装置の校正作業を実施す

10

20

30

40

50

ることなく、当該内部パラメーターが未知である撮像装置を用いてユークリッド復元結果を取得することができる。

【0163】

また、本発明に係る計測システムは、上記のような態様に限らず、例えば、内部パラメーターが既知である二つの撮像装置と、内部パラメーターが未知である撮像装置とを含む計測システムであってもよいし、内部パラメーターが既知である撮像装置と、内部パラメーターが既知である投射装置と、内部パラメーターが未知である投射装置とを含む計測システムであってもよい。本発明に係る計測システムは、少なくとも一つの撮像装置を含んでいればよい。

【0164】

10

2.2. 変形例2

前述の実施形態および変形例において、複数の第1の点の一例である複数の点DP1と、四つの設定点の一例である点DP31~DP34とを異なるタイミングで表示する場合を例示したが、本発明はこのような態様に限定されるものではない。複数の第1の点、および、四つの設定点は、同時に表示してもよい。これにより、例えば、投射画像を切り替える時間を削減することができる。

【0165】

2.3. 変形例3

前述の実施形態および変形例において、点DY11が複数の点DY1に含まれる場合を例示したが、点DY11は、複数の点DY1に含まれなくてもよい。点DY11は、複数の点DY1を含む平面である、平面SV1に含まれていればよい。

20

【0166】

2.4. 変形例4

前述の実施形態および変形例では、第1の更新において、第3座標情報113が更新される場合を例示したが、本発明はこのような態様に限定されるものではない。第1の更新において、第3座標情報113の代わりに、第4座標情報114が更新されてもよい。例えば、第1の更新において、本発明に係る計測システムの備える処理装置は、第4座標情報114の示す点DX31の座標を、直線L2上の他の座標へ変更することで、第4座標情報114を更新してもよい。また、本発明に係る計測システムの備える処理装置は、第1の更新において、第3座標情報113および第4座標情報114の両方を更新してもよい。

30

【0167】

3. 付記

以下、付記として本発明のまとめを記載する。

【0168】

3.1. 付記1

平面である第1の面と、非平面である第2の面と、を含むスクリーンにおいて、前記第1の面の第1領域に含まれる複数の第1の点の第1の座標系における座標を表す第1座標情報を生成することと、前記複数の第1の点の第2の座標系における座標を表す第2座標情報を生成することと、前記第1の座標系において、前記複数の第1の点を含む平面に含まれない第2の点の座標を表す第3座標情報を生成することと、前記第2の座標系において、前記複数の第1の点を含む平面に含まれない第3の点の座標を表す第4座標情報を生成することと、前記第1座標情報と、前記第2座標情報と、前記第3座標情報と、前記第4座標情報と、に基づいて、前記第2の座標系における前記複数の第1の点の座標を前記第1の座標系における前記複数の第1の点の座標へ変換するための三次元射影変換行列を生成することと、前記三次元射影変換行列に基づいて、前記スクリーンに含まれる四つの設定点の前記第1の座標系における座標を表す第5座標情報を生成することと、前記第5座標情報の示す座標が所定の条件を充足しない場合、前記第3座標情報および前記第4座標情報の少なくとも一方を更新する第1の更新を実行し、前記第1の更新の結果に基づいて前記三次元射影変換行列を更新する第2の更新を実行し、前記第2の更新によって更新

40

50

された前記三次元射影変換行列に基づいて前記第 5 座標情報を更新する第 3 の更新を実行することと、を含み、前記四つの設定点を頂点とする四角形は、所定の形状となり、前記四つの設定点のうちの少なくとも一つは、前記第 2 の面に含まれる、計測方法。

【 0 1 6 9 】

すなわち、付記 1 に記載の計測方法を実現する計測システムは、同一平面上に存在する複数の点の座標に加え、当該平面上に存在しない仮想的な点の座標を用いて、三次元射影変換行列を生成する。これにより、付記 1 に記載の計測方法を実現する計測システムは、同一平面上に存在する複数の点の座標を変換する三次元射影変換行列を生成することができる。また、付記 1 に記載の計測方法を実現する計測システムによって生成された三次元射影変換行列は、平面部と、非平面部とを含む領域の複数の点の座標系を変換することができる。このため、付記 1 に記載の計測方法を実現する計測システムは、計測対象となる物体に、平面の領域と、非平面の領域とが含まれる場合であっても、物体の形状を計測することができる。

10

【 0 1 7 0 】

3 . 2 . 付記 2

撮像装置を制御することで、前記第 1 領域を含む範囲を撮像した撮像画像を取得することを更に含み、前記第 1 座標情報および前記第 2 座標情報の少なくとも一方は、前記撮像画像に基づいて生成される、付記 1 に記載の計測方法。

【 0 1 7 1 】

すなわち、付記 2 に記載の計測方法を実現する計測システムは、撮像装置を用いて、物体の形状を計測する。これにより、付記 2 に記載の計測方法を実現する計測システムは、物体の形状を正確に計測することができる。

20

【 0 1 7 2 】

3 . 3 . 付記 3

前記第 2 の点は、前記第 1 の座標系において、前記撮像装置の位置を示す点と、前記複数の第 1 の点を含む平面に含まれる第 4 の点と、を結ぶ第 1 の直線上に位置し、前記第 3 の点は、前記第 2 の座標系において、前記撮像装置の位置を示す点と、前記複数の第 1 の点を含む平面に含まれる点であって、前記第 4 の点と対応する第 5 の点と、を結ぶ第 2 の直線上に位置する、付記 2 に記載の計測方法。

【 0 1 7 3 】

すなわち、付記 3 に記載の計測方法を実現する計測システムは、平面上に存在しない仮想的な点の座標を、撮像装置の位置を示す点と、当該平面に含まれる点とを結んだ直線上に設定する。これにより、付記 3 に記載の計測方法を実現する計測システムは、三次元射影変換行列を生成する精度を高めることができる。

30

【 0 1 7 4 】

3 . 4 . 付記 4

前記第 1 の更新が前記第 3 座標情報を更新することを含む場合、前記第 3 座標情報を更新することは、前記第 2 の点の座標を、前記第 1 の直線上の他の座標へ変更することを含み、前記第 1 の更新が前記第 4 座標情報を更新することを含む場合、前記第 4 座標情報を更新することは、前記第 3 の点の座標を、前記第 2 の直線上の他の座標へ変更することを含む、付記 3 に記載の計測方法。

40

【 0 1 7 5 】

すなわち、付記 4 に記載の計測方法を実現する計測システムは、平面上に存在しない仮想的な点の座標を、撮像装置の位置を示す点と、当該平面に含まれる点とを結んだ直線上において変更する。これにより、付記 4 に記載の計測方法を実現する計測システムは、三次元射影変換行列の更新を、高精度かつ高速に行うことができる。

【 0 1 7 6 】

3 . 5 . 付記 5

前記第 5 座標情報を生成することは、前記スクリーンに画像を投射する投射装置から、前記四つの設定点と一対一で対応する四つの第 6 の点を含む第 1 のパターン画像を投射さ

50

せることで、前記スクリーン上に第 1 投射画像を表示させることを含み、前記四つの設定点は、前記第 1 投射画像に含まれる、付記 1 から付記 4 のうちのいずれか一項に記載の計測方法。

【 0 1 7 7 】

すなわち、付記 5 に記載の計測方法を実現する計測システムは、四つの設定点の位置を簡便に表示することができる。これにより、ユーザーは、四つの設定点の位置調整を容易に行うことができる。

【 0 1 7 8 】

3 . 6 . 付記 6

前記スクリーンに画像を投射する投射装置から、前記複数の第 1 の点と一対一で対応する複数の第 7 の点を含む第 2 のパターン画像を投射させることで、前記スクリーン上に第 2 投射画像を表示させることを更に含み、前記撮像画像は、前記複数の第 1 の点と一対一で対応する複数の第 8 の点を含み、前記第 1 座標情報および前記第 2 座標情報のどちらか一方は、前記撮像画像と、前記第 2 のパターン画像と、に基づいて生成される、付記 2 から付記 4 のうちのいずれか一項に記載の計測方法。

10

【 0 1 7 9 】

すなわち、付記 6 に記載の計測方法を実現する計測システムは、撮像装置および投射装置を用いて、物体の形状を計測する。これにより、付記 6 に記載の計測方法を実現する計測システムは、物体の形状を正確に計測することができる。

【 0 1 8 0 】

20

3 . 7 . 付記 7

前記第 1 座標情報を生成することは、第 1 レンズを備え、前記第 1 レンズに関する内部パラメーターが既知である第 1 の装置に入力された画像および前記第 1 の装置から出力される画像のいずれか一方である第 1 の画像と、第 2 レンズを備え、前記第 2 レンズに関する内部パラメーターが既知である第 2 の装置に入力された画像および前記第 2 の装置から出力される画像のいずれか一方である第 2 の画像と、に基づいて、前記第 1 座標情報を生成することを含み、前記第 2 座標情報を生成することは、第 3 レンズを備え、前記第 3 レンズに関する内部パラメーターが未知である第 3 の装置に入力された画像および前記第 3 の装置から出力される画像のいずれか一方である第 3 の画像と、前記第 1 の画像と、に基づいて、前記第 2 座標情報を生成することを含み、前記第 1 の装置、前記第 2 の装置および前記第 3 の装置のうちの少なくとも一つは、前記スクリーンを撮像する撮像装置である、付記 1 に記載の計測方法。

30

【 0 1 8 1 】

すなわち、第 1 座標情報は、平面上に設定された第 1 領域のユークリッド復元結果を表す。また、第 2 座標情報は、第 1 領域の射影復元結果を表す。従って、三次元射影変換行列は、第 1 領域を含む領域の射影復元結果を、当該第 1 領域を含む領域のユークリッド復元結果へ変換することができる。これにより、付記 7 に記載の計測方法を実現する計測システムは、計測対象となる物体に、平面の領域と、非平面の領域とが含まれる場合であっても、物体の形状を正確に計測することができる。

【 0 1 8 2 】

40

3 . 8 . 付記 8

平面である第 1 の面と、非平面である第 2 の面と、を含むスクリーンにおいて、前記第 1 の面の第 1 領域に含まれる複数の第 1 の点の第 1 の座標系における座標を表す第 1 座標情報を生成することと、前記複数の第 1 の点の第 2 の座標系における座標を表す第 2 座標情報を生成することと、前記第 1 の座標系において、前記複数の第 1 の点を含む平面に含まれない第 2 の点の座標を表す第 3 座標情報を生成することと、前記第 2 の座標系において、前記複数の第 1 の点を含む平面に含まれない第 3 の点の座標を表す第 4 座標情報を生成することと、前記第 1 座標情報と、前記第 2 座標情報と、前記第 3 座標情報と、前記第 4 座標情報と、に基づいて、前記第 2 の座標系における前記複数の第 1 の点の座標を前記第 1 の座標系における前記複数の第 1 の点の座標へ変換するための三次元射影変換行列を

50

生成することと、前記三次元射影変換行列に基づいて、前記スクリーンに含まれる四つの設定点の前記第 1 の座標系における座標を表す第 5 座標情報を生成することと、前記第 5 座標情報の示す座標が所定の条件を充足しない場合、前記第 3 座標情報および前記第 4 座標情報の少なくとも一方を更新する第 1 の更新を実行し、前記第 1 の更新の結果に基づいて前記三次元射影変換行列を更新する第 2 の更新を実行し、前記第 2 の更新によって更新された前記三次元射影変換行列に基づいて前記第 5 座標情報を更新する第 3 の更新を実行することと、を実行する処理装置を備え、前記四つの設定点を頂点とする四角形は、所定の形状となり、前記四つの設定点のうちの少なくとも一つは、前記第 2 の面に含まれる、計測システム。

【 0 1 8 3 】

10

すなわち、付記 8 に記載の計測システムは、同一平面上に存在する複数の点の座標に加え、当該平面上に存在しない仮想的な点の座標を用いて、三次元射影変換行列を生成する。これにより、付記 8 に記載の計測システムは、同一平面上に存在する複数の点の座標を変換する三次元射影変換行列を生成することができる。また、付記 8 に記載の計測システムによって生成された三次元射影変換行列は、平面部と、非平面部とを含む領域の複数の点の座標系を変換することができる。このため、付記 8 に記載の計測システムは、計測対象となる物体に、平面の領域と、非平面の領域とが含まれる場合であっても、物体の形状を計測することができる。

【 0 1 8 4 】

3 . 9 . 付記 9

20

平面である第 1 の面と、非平面である第 2 の面と、を含むスクリーンにおいて、前記第 1 の面の第 1 領域に含まれる複数の第 1 の点の第 1 の座標系における座標を表す第 1 座標情報を生成することと、前記複数の第 1 の点の第 2 の座標系における座標を表す第 2 座標情報を生成することと、前記第 1 の座標系において、前記複数の第 1 の点を含む平面に含まれない第 2 の点の座標を表す第 3 座標情報を生成することと、前記第 2 の座標系において、前記複数の第 1 の点を含む平面に含まれない第 3 の点の座標を表す第 4 座標情報を生成することと、前記第 1 座標情報と、前記第 2 座標情報と、前記第 3 座標情報と、前記第 4 座標情報と、に基づいて、前記第 2 の座標系における前記複数の第 1 の点の座標を前記第 1 の座標系における前記複数の第 1 の点の座標へ変換するための三次元射影変換行列を生成することと、前記三次元射影変換行列に基づいて、前記スクリーンに含まれる四つの設定点の前記第 1 の座標系における座標を表す第 5 座標情報を生成することと、前記第 5 座標情報の示す座標が所定の条件を充足しない場合、前記第 3 座標情報および前記第 4 座標情報の少なくとも一方を更新する第 1 の更新を実行し、前記第 1 の更新の結果に基づいて前記三次元射影変換行列を更新する第 2 の更新を実行し、前記第 2 の更新によって更新された前記三次元射影変換行列に基づいて前記第 5 座標情報を更新する第 3 の更新を実行することと、を実行する処理装置を備え、前記四つの設定点を頂点とする四角形は、所定の形状となり、前記四つの設定点のうちの少なくとも一つは、前記第 2 の面に含まれる、情報処理装置。

30

【 0 1 8 5 】

すなわち、付記 9 に記載の情報処理装置を備える計測システムは、同一平面上に存在する複数の点の座標に加え、当該平面上に存在しない仮想的な点の座標を用いて、三次元射影変換行列を生成する。これにより、付記 9 に記載の情報処理装置を備える計測システムは、同一平面上に存在する複数の点の座標を変換する三次元射影変換行列を生成することができる。また、付記 9 に記載の情報処理装置を備える計測システムによって生成された三次元射影変換行列は、平面部と、非平面部とを含む領域の複数の点の座標系を変換することができる。このため、付記 9 に記載の情報処理装置を備える計測システムは、計測対象となる物体に、平面の領域と、非平面の領域とが含まれる場合であっても、物体の形状を計測することができる。

40

【 符号の説明 】

【 0 1 8 6 】

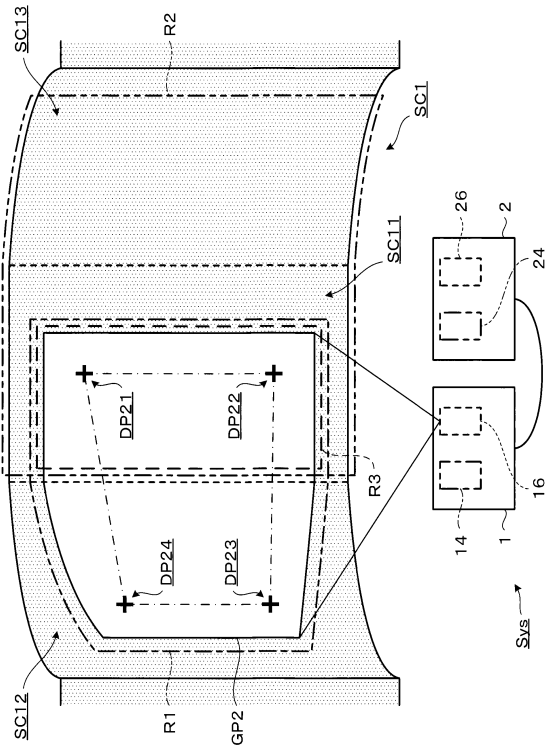
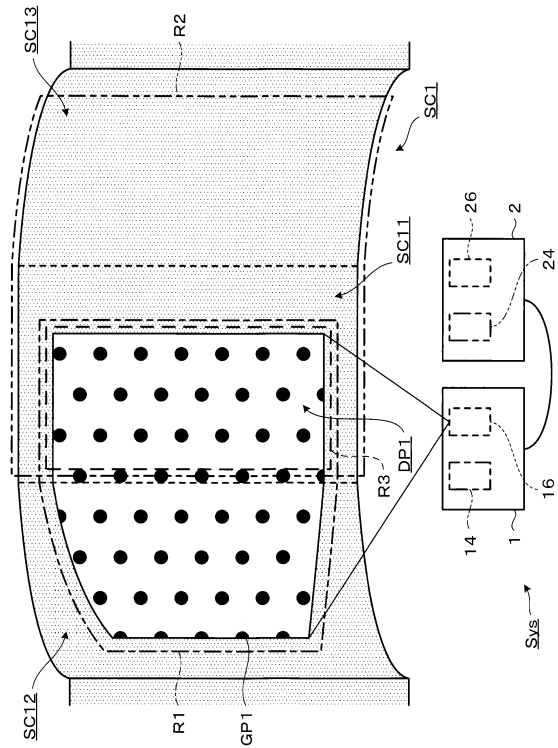
50

1 ... プロジェクター、2 ... プロジェクター、10 ... 記憶装置、12 ... 処理装置、14 ... 撮像装置、16 ... 投射装置、18 ... 通信装置、30 ... 操作装置、100 ... プログラム、101 ... 三次元射影変換行列、102 ... 投射画像情報、105 ... 撮像画像情報、110 ... 三次元座標情報、116 ... 関係情報、130 ... 二次元座標情報、120 ... 投射制御部、121 ... 撮像制御部、122 ... 画像解析部、123 ... 三次元座標管理部、124 ... 入力管理部、125 ... 画像編集部、140 ... 撮像素子、142 ... 撮像レンズ、160 ... 光変調器、162 ... 投射レンズ、GP1 ... 投射画像、GF1 ... 画像、GS1 ... 撮像画像、DP1 ... 点、R1 ... 領域、SC1 ... スクリーン、FY ... 座標系、Sys ... 計測システム。

【図面】

【図1】

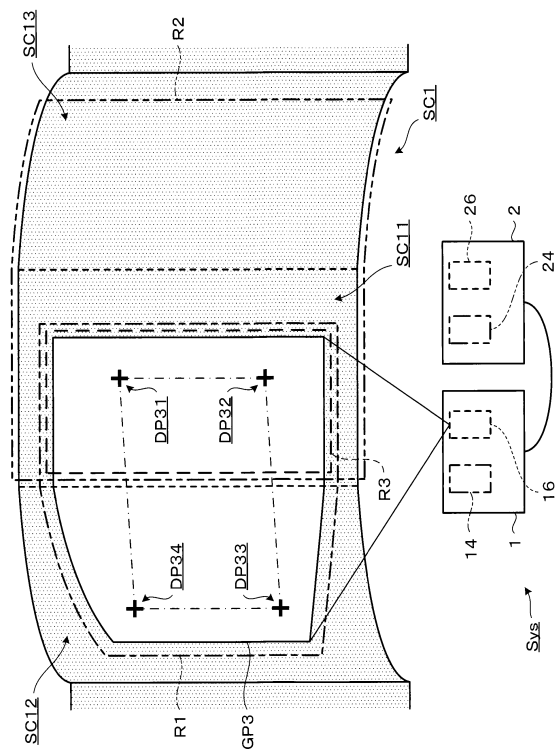
【図2】



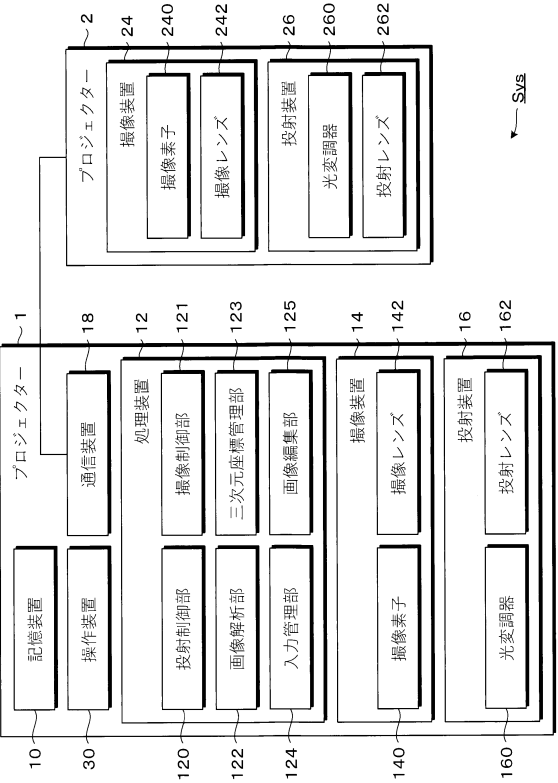
40

50

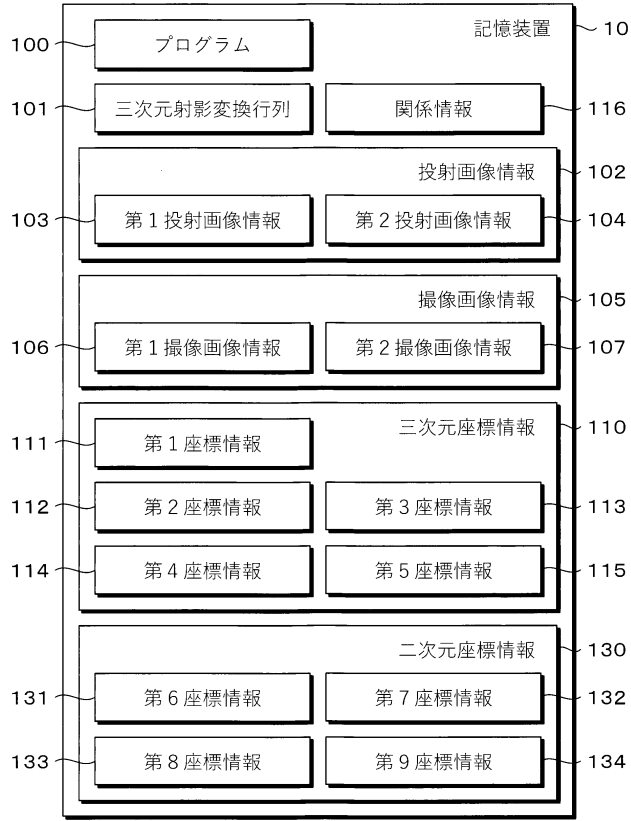
【 図 3 】



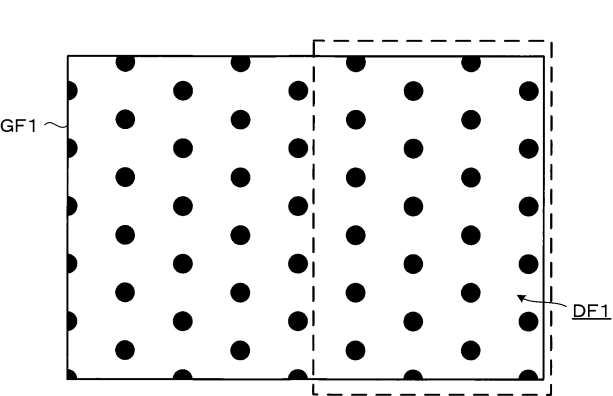
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



10

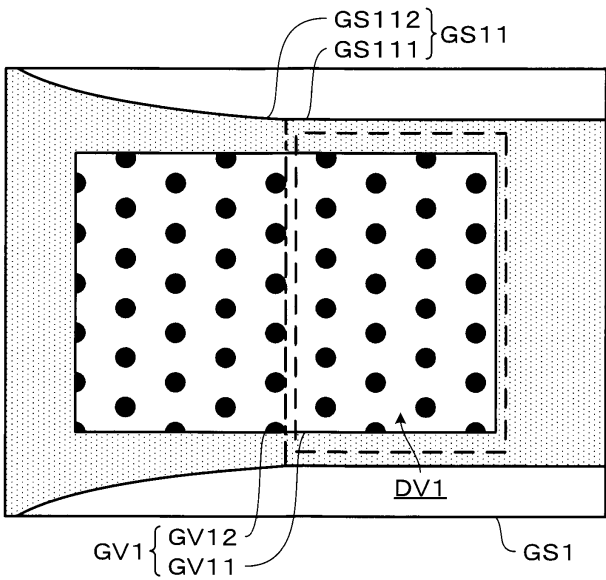
20

30

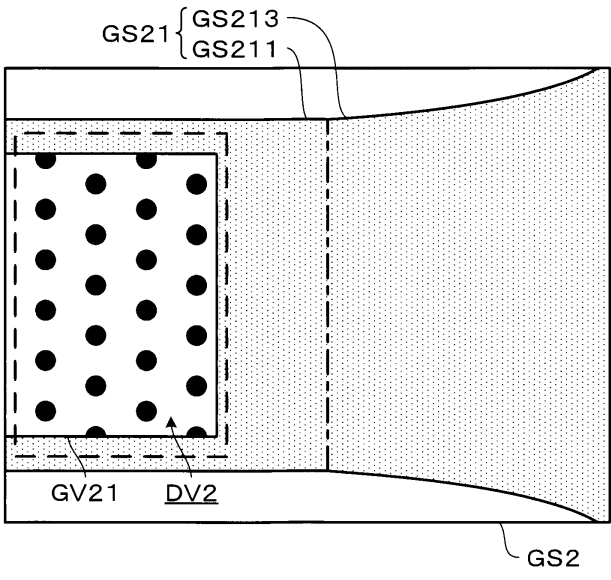
40

50

【 図 7 】

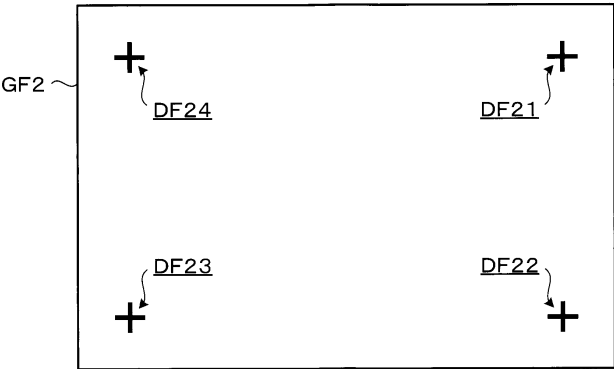


【 図 8 】

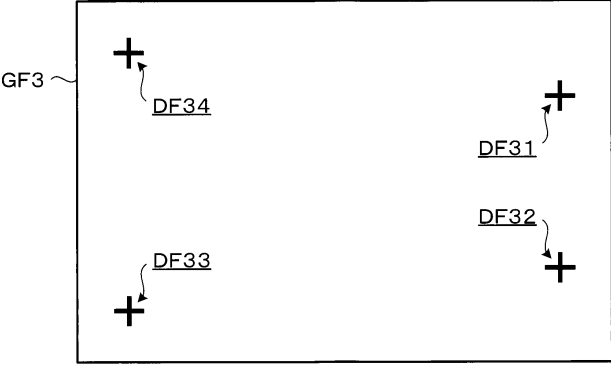


10

【 図 9 】



【 図 10 】



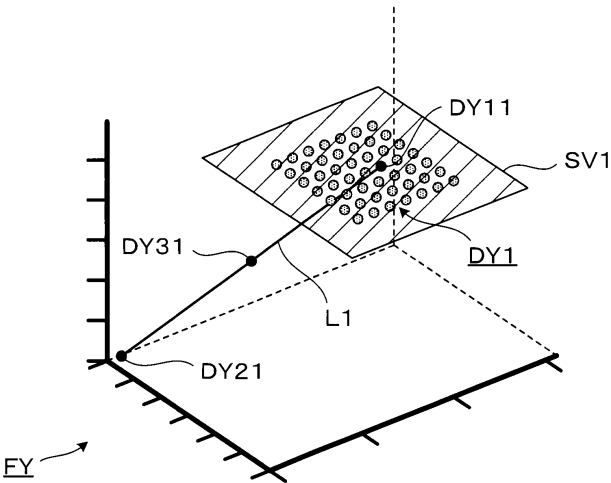
20

30

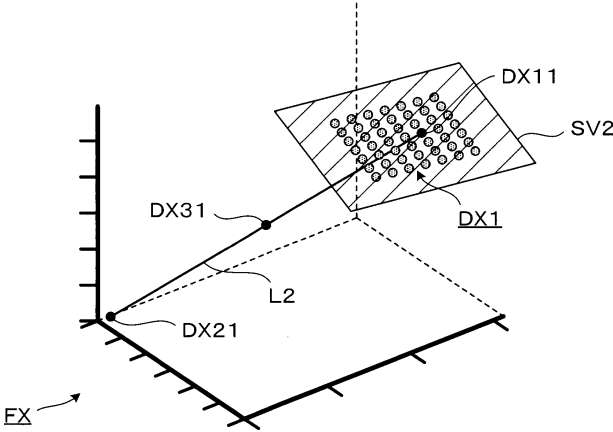
40

50

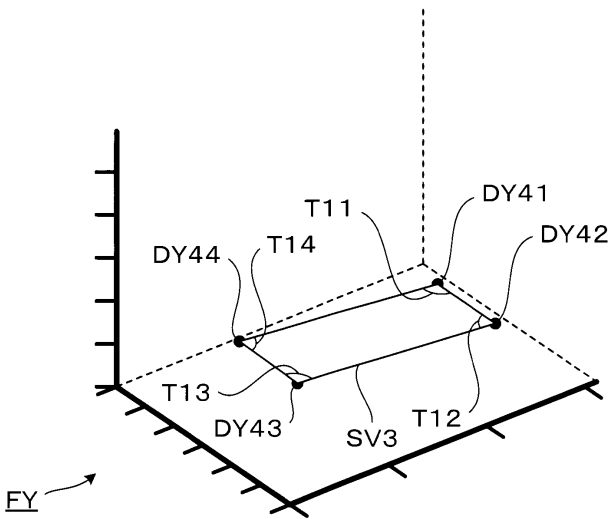
【図 1 1】



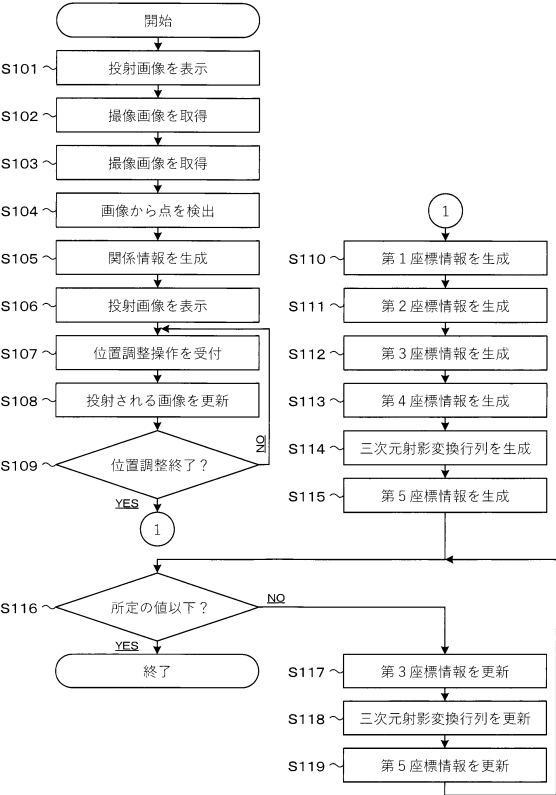
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類	F I			テーマコード (参考)
	G 0 9 G	5/00	X	
	G 0 3 B	21/14	Z	
	G 0 6 T	7/521		
F ターム (参考)	CB44 CC26 DA70			
5L096	AA09 CA02 DA02 FA12 FA38 FA69			