

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6822234号
(P6822234)

(45) 発行日 令和3年1月27日 (2021.1.27)

(24) 登録日 令和3年1月12日 (2021.1.12)

(51) Int. Cl.

F 1

G06F 3/0346 (2013.01)
G03B 21/00 (2006.01)
G06F 3/042 (2006.01)
G06F 3/041 (2006.01)
H04N 5/74 (2006.01)

G O 6 F 3/0346 4 2 2
 G O 3 B 21/00 D
 G O 6 F 3/042 4 7 3
 G O 6 F 3/041 6 3 0
 H O 4 N 5/74 Z

請求項の数 12 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2017-49697 (P2017-49697)
 (22) 出願日 平成29年3月15日 (2017.3.15)
 (65) 公開番号 特開2018-152022 (P2018-152022A)
 (43) 公開日 平成30年9月27日 (2018.9.27)
 審査請求日 令和2年1月15日 (2020.1.15)

(73) 特許権者 000002369
 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 100116665
 弁理士 渡辺 和昭
 (74) 代理人 100179475
 弁理士 仲井 智至
 (74) 代理人 100216253
 弁理士 松岡 宏紀
 (72) 発明者 大谷 信
 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
 審査官 木内 康裕

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プロジェクターシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

画像光を投射するプロジェクター本体部と、
 前記画像光の投影領域において、撮像範囲の異なる2組の視差画像を撮像可能とする第1撮像部、第2撮像部、第3撮像部及び第4撮像部を備え、
 前記第1撮像部は、前記プロジェクター本体部の投射光軸に対して、前記プロジェクター本体部の投射方向に垂直な第1方向に離間した位置に配置され、
 前記第2撮像部は、前記投射光軸に対して、前記第1方向と反対の方向である第2方向に離間した位置に配置され、
 前記第1撮像部と前記第2撮像部とにおいて、前記投影領域までの距離が異なっており

10

、
 前記第1撮像部と前記第2撮像部とは、1組の視差画像を撮像する、プロジェクターシステム。

【請求項2】

前記第3撮像部は、前記投射光軸に対して前記第2方向に離間した位置に配置され、
 前記第4撮像部は、前記投射光軸に対して前記第1方向に離間した位置に配置され、
 前記第3撮像部と前記第4撮像部とにおいて、前記投影領域までの距離が異なっており、

、
 前記第3撮像部と前記第4撮像部とは、前記第1撮像部と前記第2撮像部とによる1組の視差画像とは別の1組の視差画像を撮像する、請求項1に記載のプロジェクターシステム

20

ム。

【請求項 3】

前記第 1 撮像部および前記第 3 撮像部は、前記第 2 撮像部および前記第 4 撮像部よりも前記投影領域に近い側に配置されている、請求項 2 に記載のプロジェクターシステム。

【請求項 4】

前記第 1 撮像部、前記第 2 撮像部、前記第 3 撮像部及び前記第 4 撮像部は、所定角度範囲内のあおり角で傾いており、

前記第 1 撮像部は、前記第 2 撮像部よりもあおり角が大きく、

前記第 3 撮像部は、前記第 4 撮像部よりもあおり角が大きい、請求項 3 に記載のプロジェクターシステム。

【請求項 5】

前記第 1 撮像部と前記第 3 撮像部とにおいて、前記投影領域までの距離が等しい、請求項 2 ~ 4 のいずれか一項に記載のプロジェクターシステム。

【請求項 6】

前記第 2 撮像部と前記第 4 撮像部とにおいて、前記投影領域までの距離が等しい、請求項 2 ~ 5 に記載のプロジェクターシステム。

【請求項 7】

前記第 1 撮像部、前記第 2 撮像部、前記第 3 撮像部及び前記第 4 撮像部は、前記プロジェクター本体部を収納する筐体の四隅に配置されている、請求項 1 に記載のプロジェクターシステム。

【請求項 8】

前記第 1 撮像部及び前記第 2 撮像部は、前記プロジェクター本体部を収納する筐体の四隅の対角位置に配置され、

前記第 3 撮像部及び前記第 4 撮像部は、前記筐体の四隅のうち前記対角位置とは別の対角位置に配置されている、請求項 2 に記載のプロジェクターシステム。

【請求項 9】

前記第 1 撮像部及び前記第 2 撮像部は、前記投影領域のうち少なくとも半分の領域について撮像し、

前記第 3 撮像部及び前記第 4 撮像部は、前記投影領域のうち前記第 1 撮像部及び前記第 2 撮像部において撮像されない残りの領域を含む少なくとも半分の領域について撮像する、請求項 2 ~ 8 のいずれか一項に記載のプロジェクターシステム。

【請求項 10】

前記第 1 撮像部及び前記第 2 撮像部は、前記投影領域のうち、前記第 1 方向と前記第 2 方向とのうちの一方側側の端の領域を含む少なくとも半分の領域を撮像し、

前記第 3 撮像部及び前記第 4 撮像部は、前記投影領域のうち、前記第 1 方向と前記第 2 方向とのうちの他方向側の端の領域を含む少なくとも半分の領域を撮像する、請求項 2 ~ 8 のいずれか一項に記載のプロジェクターシステム。

【請求項 11】

前記第 1 撮像部、前記第 2 撮像部、前記第 3 撮像部及び前記第 4 撮像部で取得した画像光の情報に基づく画像投射位置と、前記第 1 撮像部、前記第 2 撮像部、前記第 3 撮像部および前記第 4 撮像部により検出された指示体の位置とを特定し、特定された指示体の位置の情報を反映した画像投射を行う、請求項 1 ~ 10 のいずれか一項に記載のプロジェクターシステム。

【請求項 12】

前記第 1 撮像部及び前記第 2 撮像部は、第 1 視差画像を撮像し、

前記第 3 撮像部及び前記第 4 撮像部は、第 2 視差画像を撮像し、

前記第 1 視差画像の撮像範囲は、前記第 2 視差画像の撮像範囲と部分的に重なる、請求項 1 ~ 11 のいずれか一項に記載のプロジェクターシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【 0 0 0 1 】

本発明は、投射画面上にある指等の立体的な指示体を検出可能なプロジェクターシステムに関する。

【 背景技術 】

【 0 0 0 2 】

投射画面上にある指等の立体的な指示体を検出可能なプロジェクターとして、例えば、複数のカメラから取得された複数の撮像画像情報の視差情報に基づいて指等の指示体の形状を認識して指示位置を検出するものが知られている（例えば特許文献1参照。）。なお、指示位置の検出を利用することで、投射画像の内容に反映させて書き込みができるいわゆるインタラクティブなプロジェクターが実現できる。しかしながら、上記のような視差情報を利用する場合、指の形状を高精度に認識しようとする、視差をより大きくする、すなわちカメラ間の距離を大きくする必要があり、プロジェクターの本体部分の大きさに比べてカメラ間の距離が非常に大きくなってしまいう可能性がある。別の解決方法として、例えばカメラの解像度やレンズ性能を高くするといったカメラの性能を上げることも考えられるが、コストの増大を招くことになる。

10

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 3 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 1 2 - 1 5 0 6 3 6 号 公 報

【 発明の概要 】

20

【 0 0 0 4 】

本発明は、撮像画像から視差情報を取得して行う位置検知を高精度に維持しつつ、撮像部間の距離の増大を抑制できるプロジェクターシステムを提供することを目的とする。

【 0 0 0 5 】

上記目的を達成するため、本発明に係るプロジェクターシステムは、画像光を投射するプロジェクター本体部と、プロジェクター本体部からの画像光の投影領域において、撮像範囲の異なる2組の視差画像を撮像可能とする第1撮像部、第2撮像部、第3撮像部及び第4撮像部とを備える。

【 0 0 0 6 】

上記プロジェクターシステムでは、4つの撮像部によって撮像範囲の異なる2組の視差画像（ステレオ画像）を撮像可能とすることで、例えば2つの撮像部によって取得される視差情報と比較して、同等の精度の位置検知を可能にする視差情報を、撮像部間の距離をより短いものとしつつ取得できる。これにより、例えば視差情報を利用して投射画面上の指示体を検出することで、インタラクティブな画像投射を実現できるプロジェクターシステムにおいて、装置の小型化を図ることができる。

30

【 0 0 0 7 】

本発明の具体的な側面によれば、第1撮像部は、プロジェクター本体部の投射光軸に対して、プロジェクター本体部の投射方向に垂直な第1方向に離間した位置に配置され、第2撮像部は、投射光軸に対して、第1方向と反対の方向である第2方向に離間した位置に配置され、第1撮像部と第2撮像部とにおいて、プロジェクター本体部からの画像光の投影領域までの距離が異なり、第1撮像部と第2撮像部とは、1組の視差画像を撮像する。この場合、第1撮像部と第2撮像部との間において視差を生じさせやすくなり、撮像部間の距離の増大を抑えつつ投射画面上の指示体を検出において必要に足る視差情報を視差画像から得ることができる。

40

【 0 0 0 8 】

本発明の別の側面によれば、第3撮像部は、投射光軸に対して第2方向に離間した位置に配置され、第4撮像部は、投射光軸に対して第1方向に離間した位置に配置され、第3撮像部と第4撮像部とにおいて、プロジェクター本体部からの画像光の投影領域までの距離が異なり、第3撮像部と第4撮像部とは、第1撮像部と第2撮像部とによる1組の視差画像とは別の1組の視差画像を撮像する。この場合、第3撮像部と第4撮像部との

50

間において視差を生じさせやすくなり、撮像部間の距離の増大を抑えつつ投射画面上の指示体を検出において必要に足る視差情報を視差画像から得ることができる。

【 0 0 0 9 】

本発明のさらに別の側面によれば、第 1 撮像部および第 3 撮像部は、第 2 撮像部および第 4 撮像部よりも投影領域に近い側に配置されている。この場合、投影領域に対する距離の差を利用して、第 1 撮像部および第 3 撮像部と第 2 撮像部および第 4 撮像部との間において、それぞれ視差のある状態にできる。

【 0 0 1 0 】

本発明のさらに別の側面によれば、第 1 ~ 第 4 撮像部は、所定角度範囲内のあおり角で傾いており、第 1 撮像部は、第 2 撮像部よりもあおり角が大きく、第 3 撮像部は、第 4 撮像部よりもあおり角が大きい。この場合、あおり角を設けることであおり角を設けないものと比べて撮像部の広画角化を抑制できる。

10

【 0 0 1 1 】

本発明のさらに別の側面によれば、第 1 撮像部と第 3 撮像部とにおいて、プロジェクター本体部からの画像光の投影領域までの距離が等しい。この場合、第 1 撮像部側と第 3 撮像部側とで、投影領域までの距離が等しい状態で撮像できる。

【 0 0 1 2 】

本発明のさらに別の側面によれば、第 2 撮像部と第 4 撮像部とにおいて、プロジェクター本体部からの画像光の投影領域までの距離が等しい。この場合、第 2 撮像部側と第 4 撮像部側とで、投影領域までの距離が等しい状態で撮像できる。

20

【 0 0 1 3 】

本発明のさらに別の側面によれば、第 1 ~ 第 4 撮像部は、プロジェクター本体部を収納する筐体の四隅に配置されている。この場合、筐体の四隅に配置することで、プロジェクター本体部を筐体内に収めつつ、4 つの撮像部を筐体から大きく飛び出させることなく視差画像に基づく視差情報を効率的に得ることができる。

【 0 0 1 4 】

本発明のさらに別の側面によれば、第 1 撮像部及び第 2 撮像部は、プロジェクター本体部を収納する筐体の四隅の対角位置に配置され、第 3 撮像部及び第 4 撮像部は、筐体の四隅のうち第 1 撮像部及び第 2 撮像部とは別の対角位置に配置されている。この場合、第 1 撮像部及び第 2 撮像部による視差画像と第 3 撮像部及び第 4 撮像部による視差画像とを組み合わせることで、視差情報を得ることができる。

30

【 0 0 1 5 】

本発明のさらに別の側面によれば、第 1 撮像部及び第 2 撮像部は、プロジェクター本体部からの画像光の投影領域のうち少なくとも半分の領域について撮像し、第 3 撮像部及び第 4 撮像部は、プロジェクター本体部からの画像光の投影領域のうち第 1 撮像部及び第 2 撮像部において撮像されない残りの領域を含む少なくとも半分の領域について撮像する。この場合、視差画像を組み合わせることで画像光の投影領域全体について、投射画面上の指示体を検出するための視差情報を得ることができる。

【 0 0 1 6 】

本発明のさらに別の側面によれば、第 1 撮像部及び第 2 撮像部は、画像光の投影領域のうち、第 1 方向と第 2 方向とのうちの一方側側の端の領域を含む少なくとも半分の領域を撮像し、第 3 撮像部及び第 4 撮像部は、画像光の投影領域のうち、第 1 方向と第 2 方向とのうちの他方向側の端の領域を含む少なくとも半分の領域を撮像する。この場合、第 1 撮像部及び第 2 撮像部によって、画像光の投影領域のうち投射方向に垂直な方向についての一方の端の領域を含む半分の領域が撮像され、第 3 撮像部及び第 4 撮像部によって画像光の投影領域のうち投射方向に垂直な方向についての他方の端の領域を含む残りの半分の領域が撮像される。

40

【 0 0 1 7 】

本発明のさらに別の側面によれば、プロジェクター本体部は、画像光を斜方投射する。この場合、スクリーン等の被照射領域に向けて近接投射をする短焦点タイプでの画像投射

50

を行うことができる。

【0018】

本発明のさらに別の側面によれば、第1～第4撮像部は、プロジェクター本体部からの画像光の投影領域について撮像する範囲に対応してそれぞれ傾いている。この場合、各撮像部での画角をより狭めることができる。

【0019】

本発明のさらに別の側面によれば、第1～第4撮像部は、プロジェクター本体部からの画像光の投影領域を含む撮像領域を撮像して撮像領域に存する指示体を検出可能にする。この場合、取得した視差情報を利用することで、指示体を立体的形状として捉えることが可能となる。

10

【0020】

本発明のさらに別の側面によれば、第1～第4撮像部で取得した画像光の情報に基づく画像投射位置と、第1～第4撮像部により検出された指示体の位置とを特定し、特定された指示体の位置の情報を反映した画像投射を行う。この場合、指示体による指示位置の情報を反映させたインタラクティブな画像投射が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】第1実施形態のプロジェクターシステムの概略構成を示す図である。

【図2】キャリブレーション時のパターン画像の投影の様子を示す図である。

【図3】プロジェクターシステムの構成を示す平面図である。

20

【図4】撮像部のあおり角について説明するための図である。

【図5】一対の撮像部による視差画像（ステレオ画像）の取得とその撮像範囲について説明するための図である。

【図6】視差情報に関する精度について対象とする撮像位置と投影位置との一例を示す図である。

【図7】視差情報に関する精度の指標について説明するための図である。

【図8】視差情報に関する精度と撮像性能との関係について説明するための図である。

【図9】一実施例における視差情報の指標について説明するための図である。

【図10A】撮像部を構成する撮像素子について一具体例を示すための図である。

【図10B】一具体例における撮像部の像高と微小角度との関係を示すグラフである。

30

【図11】第2実施形態のプロジェクターシステムの構成を示す平面図である。

【図12】1組の撮像部による視差画像（ステレオ画像）とその撮像範囲について説明するための図である。

【図13】第1実施形態と第2実施形態とでのプロジェクターシステムについて比較するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0022】

〔第1実施形態〕

以下、図面を参照して、本発明の第1実施形態に係るプロジェクターシステムについて説明する。

40

【0023】

図1等にも示すプロジェクターシステム500は、天井に吊るされた状態で取り付けられて画像光である投射光PLを投射（斜方投射）して画像投射を行うプロジェクター100で構成されている。なお、投射光PLの被照射領域PLaは、例えばスクリーンSC上に形成される。被照射領域PLaは、プロジェクター100からの投射光（画像光）PLの投影領域に相当する。また、図示を省略するが、プロジェクターシステム500は、プロジェクター100のほか、例えばPC等が接続されることで構成され、必要に応じて当該PCが各種処理をすることで被照射領域PLaでの表示画面上への書込みを受け付けるインタラクティブな状況での画像動作を可能にしている。プロジェクターシステム500のうち、プロジェクター100は、上記のように、スクリーンSCの斜め上方に設置され、

50

斜め下方のスクリーンSCに向けて近接投射をする短焦点タイプ（ここでは、いわゆる超短焦点近接投射となっている。）のプロジェクターであり、画像投射を行うための本体部分であるプロジェクター本体部100pと、撮像システム50とで構成されている。特に、本実施形態では、撮像システム50がプロジェクター100の筐体CAの四隅にそれぞれ配置される4つの撮像部（カメラ50a, 50b, 50c, 50d）で構成されている。4つのカメラ50a, 50b, 50c, 50dによって、高精度な指示体OBの位置検知が可能となっている。なお、本実施形態では、垂直下向きをY方向（+Y方向）とし、スクリーンSCの表面がXY面内に平行で、プロジェクター100は、+Z方向を正面方向としてスクリーンSCに対して設置されているものとして説明する。

【0024】

プロジェクター本体部100pは、スクリーンSCに向けて可視光波長帯域の光を合成して構成される画像光である投射光PLを投射して投影画像（カラー画像）の形成を行う。プロジェクターシステム500において、インタラクティブな画像投射を可能にするためには、投射画面上における指示体の位置を特定するための位置合わせ（キャリブレーション）がなされていることが前提となる。

【0025】

以下、図2を参照して、インタラクティブな画像投射を可能にするための前提となる位置合わせの処理であるキャリブレーションについて説明する。図2は、プロジェクター本体部100pによる画像投影のうち、特に、上述のようなキャリブレーションの処理を行うために、キャリブレーション時のパターン画像を投影する様子を示している。本実施形態では、まず、プロジェクター本体部100pによる画像投射（投影）によってスクリーンSC上に映し出される映像の範囲を示すパターン画像PTを、例えば画像光である投射光PLに含まれる可視光波長帯域の成分のうち緑色波長帯域の光で構成されるパターン画像光GLによって投影する。パターン画像光GLの一部の成分を撮像システム50で受光することで、パターン画像PTに関する画像情報が取得され、この情報に基づき画像投射位置の特定がなされる。具体的には、まず、撮像システム50は、撮像したパターン画像PTの画像情報をプロジェクター本体部100pに対して送信する。次に、プロジェクター本体部100pは、撮像システム50で取得したパターン画像PTの情報と、光変調における画素マトリクスの情報との対応付けを行う。すなわち、撮像システム50で撮像されたパターン画像PTの受光用のセンサー上での各位置とプロジェクター本体部100pの光変調における画素マトリクス上の各位置すなわち投影された画像上の位置とを対応付ける。対応付けは、例えば、ピクセル単位で行うものとしてもよい（例えば対応するテーブルを作成するものとしてもよい）が、例えば対応付ける関数を定めることで、対応付けの処理を可能にするものとしてもよい。以上のように、プロジェクター本体部100pは、撮像システム50で取得したパターン画像PTの情報に基づく画像投射位置と、光変調の画素の位置とを対応付けることで、キャリブレーション（位置合わせ）を行っている。キャリブレーション後は、キャリブレーションでの対応付けに基づいて、撮像システム50で位置検出された指示体OBによるパターン画像PT上での指示位置の特定が可能となり、特定された指示体OBの位置の情報を反映したインタラクティブな画像投射ができる。

【0026】

ここで、上記のようなインタラクティブな画像投射を行うための前提として、指示体OBについての高精度な位置検出が必要である。本実施形態では、撮像システム50を構成する4つのカメラ50a, 50b, 50c, 50dにより、各カメラ間の距離の増大を抑えつつカメラの解像度やレンズ性能を上げなくても必要に足る視差情報を取得して指示体OBについての高精度な位置検出を可能にしている。

【0027】

以下、図1や図3等を参照して、プロジェクター本体部100pや撮像システム50等の構成について説明する。なお、図1、図3等では、説明を分かりやすくするため、撮像システム50を構成するカメラ50a, 50b, 50c, 50dを筐体CAの下側に飛び

10

20

30

40

50

出したように描いているが、筐体 C A の下側において飛び出さないあるいはほとんど飛び出さないような態様としたり、或いは筐体 C A に内蔵させたりすることも可能である。

【 0 0 2 8 】

プロジェクター本体部 1 0 0 p は、全ての構成についての詳細な図示を省略するが、光源や光変調装置、投射光学系等を備え、スクリーン S C に対する画像投影を行う。ここでは、例えば図 3 に示すように、筐体 C A の内部に収納される投射光学系である投射レンズ 4 0 から、画像光としての投射光 P L が射出される。また、筐体 C A の中央に配置される投射レンズ 4 0 の投射光軸を光軸 P X とする。プロジェクター本体部 1 0 0 p は、上記のほか、画像投影部やプロジェクター制御部を有し、画像投射等の各種動作制御を行う。例えば、プロジェクター制御部は、撮像システム 5 0 からの情報を受け付け可能とし、プロ
10
ジェクター本体部 1 0 0 p を構成する画像形成部（光変調における画素マトリクス）の画素と撮像システム 5 0 を構成する各カメラにそれぞれ内蔵される撮像素子（受光用のセンサー）の画素との位置関係に対応付けるキャリブレーションに基づいて、撮像システム 5 0 からの情報を加味して投射させる画像の内容を修正することで画面上に書込みができるものとなっている、すなわちインタラクティブな画像投射を可能としている。

【 0 0 2 9 】

なお、プロジェクター本体部 1 0 0 p を構成する光学系については、種々の態様が可能であるが、例えば光源等については、種々の構成のものが適用可能であり、例えばレーザー光源や L E D 光源、さらに有機 E L（O - L E D）を利用することも可能である。特に、有機 E L 素子等の自発光型の光源を適用した場合、光源が光変調の役割も兼ねた映像装
20
置として構成できる。なお、光源（バックライト）と光変調とを個別の構成とする場合、光変調装置については、例えば透過型の液晶パネルとすることができる。

【 0 0 3 0 】

撮像システム 5 0 は、プロジェクター本体部 1 0 0 p により投射された投射画像を撮像して画像情報を取得するセンサー装置である。本実施形態では、特に、撮像システム 5 0 は、離間して配置された 4 つの撮像部で構成されている。具体的には、撮像システム 5 0 は、第 1 撮像部である第 1 カメラ 5 0 a と、第 2 撮像部である第 2 カメラ 5 0 b と、第 3 撮像部である第 3 カメラ 5 0 c と、第 4 撮像部である第 4 カメラ 5 0 d とで構成されている。各カメラ 5 0 a , 5 0 b , 5 0 c , 5 0 d は、同一規格で、第 1 カメラ 5 0 a と第 2
30
カメラ 5 0 b とで一对構成となり、第 3 カメラ 5 0 c と第 4 カメラ 5 0 d とで一对構成となつて、プロジェクター本体部 1 0 0 p による投射光 P L の投射位置に関して左右対称な位置に配置されている。各カメラ 5 0 a , 5 0 b , 5 0 c , 5 0 d は、例えば撮像レンズ系のほか、受光素子（撮像素子）すなわち受光用のセンサーや通信部による他の装置への送信等を含む各種制御を行う制御装置といったものを備える。以上のような複数のカメラ 5 0 a , 5 0 b , 5 0 c , 5 0 d（ステレオカメラ）を有することで、プロジェクター 1 0 0 は、視差画像（或いはステレオ画像）に基づく視差情報を取得可能となっている。すなわち、立体視によるより高度な位置検出が可能となっている。特に、本実施形態では、筐体 C A の四隅において対角位置にある第 1 カメラ 5 0 a と第 2 カメラ 5 0 b とによって 1 組の視差画像を撮像し、別の対角位置にある第 3 カメラ 5 0 c と第 4 カメラ 5 0 d とによつてもう 1 組の視差画像を撮像することで、撮像範囲の異なる 2 組の視差画像に基づいた
40
視差情報を取得可能となっている。つまり、撮像した 2 組の視差画像からそれぞれ視差情報を抽出することで、指示体の位置検出を可能としている。

【 0 0 3 1 】

なお、本実施形態では、検出対象である指示体（指先）O B を複数のカメラ 5 0 a , 5 0 b , 5 0 c , 5 0 d によって視差を利用した立体的な検出を可能としているものであるため、例えばスクリーン S C をタッチする利用者の指手を奥行きのある立体的形状として捉える必要がある。このため、正確には、スクリーン S C 上の投影領域である被照射領域 P L a に加え、被照射領域 P L a を含む立体的領域までが撮像領域に含まれるように撮像を行っている。したがって、本実施形態では、例えば指の先端から手首くらいまでを撮像できるように、実際には、被照射領域 P L a から 1 6 c m 程度の厚みを有する直方体状の
50

立体的領域CDを撮像領域の範囲に含むものとする。ただし、以後の説明においては、説明の簡略化のため、厚みのある立体的領域CDまでも含めて被照射領域PLaと捉えてこれを撮像範囲の対象としているものとする。

【0032】

以下、図3を参照して、プロジェクター100のうち、特に撮像システム50の第1～第4撮像部を構成するカメラ50a, 50b, 50c, 50dの配置等について説明する。なお、図3は、XYZ方向で示す関係から明らかなように、図1のように天井(上方)に吊るした状態にあるプロジェクター100を下方側から見た図となっている。ここでは、撮像システム50のうち、一対構成の第1カメラ50aと、第2カメラ50bとの関係について説明し、もう1つの一対構成である第3カメラ50cと、第4カメラ50dとに

10

【0033】

まず、図示のように、第1カメラ50aと第2カメラ50bとは、筐体CAの四隅において対角位置に配置されている。より具体的には、第1カメラ50aは、プロジェクター本体部100pの投射方向P1に対して垂直な方向の1つである第1方向D1(-X方向)について投射レンズ40等を含むプロジェクター本体部100pの投射光軸である光軸PXから離間した位置に配置されている一方、第2カメラ50bは、第1方向D1(-X方向)の反対方向である第2方向D2(+X方向)について投射レンズ40等を含むプロジェクター本体部100pの光軸PXから離間した位置に配置されている。つまり、第1カメラ50aは、光軸PXに対して、投射方向P1に垂直な第1方向D1に離間した位置に配置され、第2カメラ50bは、光軸PXに対して、投射方向P1に垂直で第1方向D1と反対の方向である第2方向D2に離間した位置に配置されている。さらに、第1カメラ50aと第2カメラ50bとは、プロジェクター本体部100pからの画像光の投影領域までの距離すなわち被照射領域PLaやスクリーンSCまでの距離が互いに異なっている。言い換えると、投射方向P1に関して第1カメラ50aと第2カメラ50bとは、ずれた位置に配置されている。図示の例では、第1カメラ50aが、第2カメラ50bよりもスクリーンSCに近い側に配置されている。なお、同様に、第3カメラ50cと、第4カメラ50dとについては、第3カメラ50cが第2方向D2についてプロジェクター本体部100pの光軸PXから離間し、第4カメラ50dが第1方向D1についてプロジェクター本体部100pの光軸PXから離間し、第3カメラ50cが、第4カメラ50dよりもスクリーンSCに近い側に配置されている。すなわち、第1カメラ50aおよび第3カメラ50cは、第2カメラ50bおよび第4カメラ50dよりも投影領域に近い側に配置されている。また、第1カメラ50aと第3カメラ50cとの位置関係については、第1方向D1とその反対方向である第2方向D2とについて互いに離間し、かつ、プロジェクター本体部100からの画像光の投影領域までの距離が等しくなる位置に配置されている。また、これに対応して、第2カメラ50bと第4カメラ50dとの位置関係についても、第1方向D1と第2方向D2とについて互いに離間し、かつ、プロジェクター本体部100からの画像光の投影領域までの距離が等しくなる位置に配置されている。

20

30

【0034】

以上のような配置から、本実施形態では、図3に示す各寸法について例えば以下のようにになっている。まず、プロジェクター100のサイズを規定する筐体CAについては横方向(X方向)についての横幅W1=367mm、奥行き方向(Z方向)についての奥行き幅T1=400mm、横方向(X方向)についてのカメラ間の距離V1=240mm、奥行き方向(Z方向)についてのカメラ間の距離V2=250mmとなっている。さらに、距離V1と距離V2との関係から、対角位置にあるカメラ間の距離V3=347mmとなる。

40

【0035】

また、各カメラ50a, 50b, 50c, 50dの光軸AX1~AX4と、プロジェクター本体部100pの光軸PXとは、図3に示すように、XZ面に平行な面について射影してみた場合において、平行となっている。ただし、既述のように、プロジェクター本体

50

部 100p は、画像光を斜め下方に向けて投射するため、例えばあおり投射がなされており、各カメラ 50a, 50b, 50c, 50d においても、撮像対象である被照射領域 PLa が斜め下方にあるため、所定角度範囲内のあおり角で傾いている。

【0036】

以下、図 4 を参照して、各カメラ 50a, 50b, 50c, 50d のあおり角について説明する。

【0037】

図 4 は、本実施形態のプロジェクターシステムにおける撮像システム 50 の姿勢及び撮影範囲について説明するための図である。なお、撮像システム 50 を構成する 4 つのカメラのうち、カメラ 50a, 50b を示しているが、カメラ 50c, 50d についても同様である。図示から明かなように、この場合、第 1 カメラ 50a の光軸 AX1 は、スクリーン SC に対して垂直ではなく、下方にあおり角 $\alpha 1$ だけ傾いている。また、第 2 カメラ 50b の光軸 AX2 も、スクリーン SC に対して垂直ではなく、下方にあおり角 $\alpha 2$ だけ傾いている。さらに、あおり角 $\alpha 1$ とあおり角 $\alpha 2$ とを比較すると、あおり角 $\alpha 1$ の方が大きい。すなわち、スクリーン SC に相対的に近い第 1 カメラ 50a のほうが、スクリーン SC に相対的に遠い第 2 カメラ 50b よりもあおり角が大きくなっている。同様に、第 3 カメラ 50c のほうが、第 4 カメラ 50d よりもあおり角が大きくなっている。なお、各あおり角 $\alpha 1$, $\alpha 2$ の具体的数値例としては、 $\alpha 1 = 27^\circ$ 、 $\alpha 2 = 15^\circ$ とすることが考えられる。

【0038】

ここで、本実施形態では、さらに、例えば第 1 カメラ 50a と第 2 カメラ 50b とで構成される一対の撮像部は、スクリーン SC 上の投影領域である被照射領域 PLa の全体ではなく、一部の領域を撮像対象範囲としている。

【0039】

以下、図 5 を参照して、一対の撮像部による視差画像の取得とその撮像範囲について説明する。なお、図 5 は、天井（上方）に吊るした状態にあるプロジェクター 100 をさらに上方側から見た図となっている。つまり、図 3 の場合とは反対側から見た図である。この場合、例えば各カメラ 50a 等は、筐体 CA の内部あるいは筐体 CA よりも下方側に位置することになるため、図中において破線で示している。また、ここでは、撮像システム 50 を構成する二対の撮像部のうちの一対である第 1 カメラ 50a と第 2 カメラ 50b とにおける撮像範囲について説明する。図示のように、第 1 カメラ 50a と第 2 カメラ 50b とは、それぞれの位置から被照射領域 PLa のうち少なくとも右半分の領域すなわち +X 側の半分以上の領域について撮像し、この範囲での視差画像の取得延いては視差情報の取得を可能にしている。言い換えると、第 1 カメラ 50a と第 2 カメラ 50b とは、第 1 方向 D1 とその反対の方向である第 2 方向 D2 とのうちの一方方向である第 2 方向 D2 の側の端の領域 EG2 を含む少なくとも半分の領域を撮像可能にしている。同様に、もう一方の一対の撮像部である第 3 カメラ 50c と第 4 カメラ 50d とが、それぞれの位置から被照射領域 PLa のうち少なくとも左半分の領域すなわち -X 側の半分以上の領域（第 1 カメラ 50a 及び第 2 カメラ 50b によっては撮像されない残りの領域を含む領域）について撮像することで、必要な残りの視差情報を得ることができる。言い換えると、第 3 カメラ 50c と第 4 カメラ 50d とは、第 1 方向 D1 とその反対の方向である第 2 方向 D2 とのうちの他方向である第 1 方向 D1 の側の端の領域 EG1（図 1 等参照）を含む少なくとも半分の領域を撮像して、必要な残りの視差情報を取得可能にしている。すなわち、撮像システム 50 において、4 つのカメラ 50a, 50b, 50c, 50d が協働することで、被照射領域 PLa の全体についての視差画像を取得できる。なお、4 つのカメラ 50a, 50b, 50c, 50d の受光素子（撮像素子）において、センサー上のエリア SE のうち有効撮像範囲であるアクティブエリア AE 内において、被照射領域 PLa の一部に対応する映像画像 PLi が撮像される。したがって、スクリーン SC 上の被照射領域 PLa の全体を撮像可能とするためには、一対のカメラ 50a, 50b のアクティブエリア AE 内に共通する映像画像 PLi と、一対のカメラ 50c, 50d のアクティブエリア AE 内

に共通する映像画像 P L i とを繋ぎ合わせたものが被照射領域 P L a の全体に相当する画像となっているようにする必要がある。

【 0 0 4 0 】

この場合、一对の第 1 カメラ 5 0 a 及び第 2 カメラ 5 0 b は、被照射領域 P L a に相対的に近い位置にある第 1 カメラ 5 0 a が - X 側にあり、相対的に遠い位置にある第 2 カメラ 5 0 b が + X 側にある上で、被照射領域 P L a の + X 側の領域を撮像することで、第 1 カメラ 5 0 a 及び第 2 カメラ 5 0 b 間での視差がよりつきやすくなっている。これは、対称性により、もう一对の第 3 カメラ 5 0 c 及び第 4 カメラ 5 0 d の配置関係についても同様である。

【 0 0 4 1 】

なお、第 1 カメラ 5 0 a 及び第 2 カメラ 5 0 b の撮像範囲と第 3 カメラ 5 0 c 及び第 4 カメラ 5 0 d の撮像範囲とが重複する中央側の範囲については、例えばプロジェクター本体部 1 0 0 p のプロジェクター制御部側において、場所ごとに優先順位を決める等により衝突が生じないように適宜処理をすればよい。

【 0 0 4 2 】

また、上記の場合、各カメラ 5 0 a , 5 0 b , 5 0 c , 5 0 d において被照射領域 P L a の全体を取り込む必要がない。見方を変えると、各カメラにおいて被写体の像を大きくすることができる。さらに、上記の場合、被照射領域 P L a の全体を取り込む場合と比較すると、スクリーンの端側をカメラの正面側に寄せた状態とすることができる。したがって、指示体の位置検知における誤差を小さくすることができると考えられる。

【 0 0 4 3 】

以上のように、4つのカメラ 5 0 a , 5 0 b , 5 0 c , 5 0 d について、平面視矩形の筐体の四隅に配置し、対角位置にあるものを一对とし、かつ、撮像範囲を全体の半分程度であってさらににより視差がつきやすい範囲として取得された視差画像に基づいて視差情報を取得する構成とすることで、撮像システム 5 0 を筐体 C A から大きくはみ出すことのないような構成としつつも、高精度に指示体 O B の位置検知を行うことが可能になる。

【 0 0 4 4 】

また、本実施形態のプロジェクターシステム 5 0 0 では、上記のように、いわゆる超短焦点近接投射を行っている。このため、プロジェクター本体部 1 0 0 p に近接して取り付けられる撮像システム 5 0 (カメラ 5 0 a , 5 0 b , 5 0 c , 5 0 d) の撮影範囲をある程度広くすることが望ましい。さらに、ステレオカメラ方式で、指示体である指について 3 次元位置を取得するという観点からも広画角なものとする必要がある。このような場合、通常のレンズを適用することが難しい可能性が高く、魚眼レンズを利用することが考えられる。魚眼レンズとしては、例えば f θ レンズと呼ばれるレンズを用いた等距離射影方式を採用すること等が考えられる。さらに、次式で示される特性のレンズを用いて撮像を行う (立体射影方式) ものとしてもよい。

$$y = 2f \cdot \tan\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

ここで、焦点距離を f 、半画角 (あるいは単に画角) を θ 、像高を y とする。

この場合、等距離射影方式に比べて、撮像画像において、特に周辺側での歪み (圧縮) を抑制できる。

【 0 0 4 5 】

以下、図 6 等を参照して、撮像システム 5 0 による位置検知の精度の評価方法に関して考察する。図 6 ~ 図 8 は、視差情報に関する精度についての指標の一例として、ステレオカメラの誤差領域を算出する方法について説明するための図である。

【 0 0 4 6 】

まず、図 6 は、上記した第 1 カメラ 5 0 a 及び第 2 カメラ 5 0 b において対象となる撮像範囲について考察したものであり、例えば図中の点 C 1 , C 2 は、それぞれプロジェクター 1 0 0 における第 1 及び第 2 カメラ 5 0 a , 5 0 b の設置位置を示す。上記のように、一对の第 1 カメラ 5 0 a 及び第 2 カメラ 5 0 b によって被照射領域 P L a のうち + X 側

10

20

30

40

50

の半分の領域を撮像しようとする、被照射領域 P L a の右下隅の位置である点 C 3 が 2 つのカメラ 5 0 a , 5 0 b から最も距離が離れているため、視差が小さく検出精度が最も低い位置になる。すなわち、当該箇所における指示体の検出が確実にできるものとする必要があることになる。そこで、ここでは、点 C 1 , C 2 及び点 C 3 の 3 点を通る平面 E P 1 を基準面として、点 C 3 及びその近辺についての位置検知に際して、各カメラ 5 0 a , 5 0 b で生じる誤差について考察する。なお、図示のように、ここでは、平面 E P 1 上において、点 C 1 と点 C 2 とを通る直線の方を x 方向とするとともに、平面 E P 1 上において x 方向に垂直な方向であって点 C 3 側を + とする方向を y 方向とし、x 方向と y 方向とについて、点 C 1 , C 2 の中点を基準として x 軸及び y 軸を定める。

【 0 0 4 7 】

10

上記の場合において、図 7 に示すように、点 C 1 から x 軸に対して仰角 $\theta 1$ で延びる軸 X 1 と、点 C 2 から x 軸に対して仰角 $\theta 2$ で延びる軸 X 2 とが点 C 3 で交わっているものとする。この場合、軸 X 1 と軸 X 2 とがなす角の角度 $\theta 3$ が点 C 3 における第 1 カメラ 5 0 a と第 2 カメラ 5 0 b との角度差（視差）に相当する。角度 $\theta 3$ は、上記のように、3 つの点 C 1 , C 2 及び点 C 3 の位置関係すなわち第 1 及び第 2 カメラ 5 0 a , 5 0 b と被照射領域 P L a との配置で定まる値であり、角度 $\theta 3$ が大きいほど、視差がつけやすいことを示すものである。

【 0 0 4 8 】

また、一方で、図中において、各点 C 1 , C 2 から各軸 X 1 , X 2 を中心に広がる微小角度 $\Delta \theta 1$, $\Delta \theta 2$ が示されている。これらの微小角度 $\Delta \theta 1$, $\Delta \theta 2$ は、各カメラ 5 0 a , 5 0 b の性能を示すものである。

20

【 0 0 4 9 】

図 8 は、微小角度 $\Delta \theta 1$, $\Delta \theta 2$ に相当する微小角度 $\Delta \theta$ の性質について説明するための図である。図 8 に示すように、カメラ 5 0 a （あるいはカメラ 5 0 b ）を構成する受光素子 R E やレンズ L S に関して、微小角度 $\Delta \theta$ は、レンズ L S を通して受光素子 R E の 1 つ分の画素のピッチ P H に取り込まれる光の範囲に相当するものである。すなわち、この範囲にあるものは、受光素子 R E 上同一の点とみなされる限界を示している。つまり、図 7 における微小角度 $\Delta \theta 1$, $\Delta \theta 2$ は、各カメラ 5 0 a , 5 0 b の性能に伴う解像の限界を示している。言い換えると、この角度以下の範囲については各カメラ 5 0 a , 5 0 b において全て一画素と扱われ識別されず全て誤差の範囲内として取り扱われることになる。以上のことから、図 7 に示すように、各軸 X 1 , X 2 を中心に広がる微小角度 $\Delta \theta 1$, $\Delta \theta 2$ と角度 $\theta 3$ とで定まる四角形の領域を誤差領域 E R とする。誤差領域 E R の形状は、微小角度 $\Delta \theta 1$, $\Delta \theta 2$ 及び角度 $\theta 3$ で定まり、上記のように、微小角度 $\Delta \theta 1$, $\Delta \theta 2$ が小さいほど、また、角度 $\theta 3$ が大きいほど高精度な位置検出が行えることを示すものとなる。このことは、誤差領域 E R の形状で考えてみると、微小角度 $\Delta \theta 1$, $\Delta \theta 2$ が大きいほど、大きくなり、また、角度 $\theta 3$ が小さいほど細長くなると考えられる。すなわち、誤差領域 E R が、細長く大きくなるほど位置検出の精度が悪く、小さく縦横のバランスが取れた形状となるほど位置検出の精度が良くなっていると考えられる。そこで、誤差領域 E R を内包する最小の円 M C の大きさ（円 M C の半径）をもって位置検出の精度の指標とすることが考えられる。なお、画像処理を施すことで、上記のような一画素よりも小さい単位で識別を行うことも可能であるが、上記が位置検出の精度の指標の 1 つである点については変わらない。

30

40

【 0 0 5 0 】

図 9 等は、本実施形態のプロジェクター 1 0 0 について具体的一構成例について指標を検討したものであり、例えば図 9 の上段側において、具体的一構成例における点 C 1 , C 2 及び点 C 3 の 3 点を通る基準面を示している。具体的に説明すると、上記したプロジェクター 1 0 0 において、筐体 C A は、横幅 W 1 = 3 6 7 mm、奥行き幅 T 1 = 4 0 0 mm であり、その中央に投射レンズ 4 0 を配置して下方斜め投射する。ここでは、プロジェクター 1 0 0 の投射距離（Z 方向の距離）は 7 2 2 mm であるものとし、被照射領域 P L a のサイズは、1 2 0 インチ（アスペクト比 1 6 : 1 0 ）とする。投射距離と、被照射領域

50

P L aの横サイズとで表されるスローレシオは、約0.28とする。一方、筐体C Aの四隅に配置される各カメラ50 a, 50 b, 50 c, 50 dは、既述のように、横方向(X方向)についてのカメラ間の距離 $V1 = 240\text{ mm}$ 、奥行き方向(Z方向)についてのカメラ間の距離 $V2 = 250\text{ mm}$ となっており、距離 $V1$ と距離 $V2$ との関係から、対角位置にあるカメラ間の距離 $V3 = 347\text{ mm}$ となるものとする。さらに、第1及び第3カメラ50 a, 50 cのあおり角 $\alpha 1$ は、 $\alpha 1 = 27^\circ$ 、第2及び第4カメラ50 b, 50 dのあおり角 $\alpha 2$ は、 $\alpha 2 = 15^\circ$ とする。なお、角度 $\theta 3$ は、仰角 $\theta 2$ と仰角 $\theta 1$ との差で定まるが、上記の場合において定まる仰角 $\theta 1$, $\theta 2$ の値から、角度 $\theta 3$ は、約 8.1° となる。

【0051】

10

また、各カメラ50 a, 50 b, 50 c, 50 dは、同一の規格であり、ここでは、一例として、撮像レンズ系については、立体射影方式のものであって、その焦点距離 f を、 $f = 2.82\text{ mm}$ とする。また、受光素子(撮像素子)については、図10 Aに示すように、エリアS Eの横サイズを横サイズ $WS1$ 、縦サイズを縦サイズ $HS1$ とし、アクティブエリアA Eの横サイズを横サイズ $WS2$ 、縦サイズを縦サイズ $HS2$ とする。ここでは、横サイズ $WS1 = 5.12\text{ mm}$ 、縦サイズ $HS1 = 3.84\text{ mm}$ 、横サイズ $WS2 = 4.48\text{ mm}$ 、縦サイズ $HS2 = 3.20\text{ mm}$ とする。さらに、受光素子(撮像素子)の画素数を 2048×1536 とする。この場合、図8に示す画素ピッチ PH の値は、 $2.5\text{ }\mu\text{m}$ となる。

【0052】

20

以上のような構成の各カメラ50 a, 50 b, 50 c, 50 dでは、まず、撮像レンズ系について、立体射影方式であることから、既述のように、下記の式(1)

$$y = 2f \cdot \tan\left(\frac{\theta}{2}\right) \cdots (1)$$

ここで、焦点距離を f 、半画角(あるいは単に画角)を θ 、像高を y とする。
を満たす。上式(1)を変形すると、

$$\theta = 2 \cdot \tan^{-1}\left(\frac{y}{2f}\right) \cdots (2)$$

となる。上式(2)を参照して、図8に示す微小角度 $\Delta\theta$ を規定すると、

$$\begin{aligned} \Delta\theta &= \theta(y + PH) - \theta(y) \\ &= 2 \cdot \tan^{-1}\left(\frac{y + PH}{2f}\right) - 2 \cdot \tan^{-1}\left(\frac{y}{2f}\right) \cdots (3) \end{aligned}$$

30

ここで、 PH は画素ピッチを示す。

と表されることになる。なお、図10 Bは、上式(3)について、横軸を像高 y 、縦軸を微小角度 $\Delta\theta$ としたときのグラフである。ここで、上記のような各数値での設計の場合、点C1に設置されたカメラ50 aがスクリーンS Cの右隅の位置に相当する点C3を撮影するときの画角は、約 57.9° となる。この場合、上式(1)から、像高 y が約 3.1 mm となり、さらに、画素ピッチ PH の値が $2.5\text{ }\mu\text{m}$ であることから、上式(3)あるいはこれに対応する図10 Bのグラフより、微小角度 $\Delta\theta 1$ は、約 0.039° となる。また、点C2に設置されたカメラ50 bが点C3を撮影するときの画角は、約 59.7° となる。この場合、同様の計算により、像高 y が約 3.2 mm となり、微小角度 $\Delta\theta 2$ は、約 0.038° となる。

40

【0053】

以上のような場合、すなわち角度 $\theta 3 = 8.1^\circ$ 、微小角度 $\Delta\theta 1 = 0.039^\circ$ 、微小角度 $\Delta\theta 2 = 0.038^\circ$ となる場合、図9中において下段で示すような誤差領域E R及びこれを内包する最小円M Cとなった。

【0054】

なお、これと同程度の大きさの誤差領域E R及び最小円M Cに収まるような撮像システムを、仮に、上記カメラ50 a等を同等の性能を有する2つのカメラをX方向に並べることによって構成しようとする、カメラ間の距離(横幅の間隔)を 600 mm 程度としな

50

くてはならないことが分かっている。この場合、上記のようなサイズの筐体 C A では、撮像部（カメラ）が大きくはみ出してしまうことになる。むしろ、2つのカメラ間の距離を 600 mm 以下、例えば上記と同じく 240 mm 程度とすると、十分な視差情報が取得できない。

【0055】

以上のように、本実施形態に係るプロジェクターシステム 500 では、撮像システム 50 を構成する 4 つの撮像部であるカメラ 50 a , 50 b , 50 c , 50 d によって撮像範囲の異なる 2 組の視差画像を撮像可能とすることで、高い精度での位置検知を可能にする視差情報を、各カメラ間の距離をより短いものとしつつ取得できる。これにより、例えば視差情報を利用して投射画面である被照射領域 P L a 上の指示体 O B を検出することで、

10

【0056】

〔第2実施形態〕

以下、図 11 等を参照して、第 1 実施形態を変形した第 2 実施形態について説明する。なお、本実施形態に係るプロジェクターシステム 600 は、撮像システム 250 の姿勢を変化させる構成となっていることを除いて、第 1 実施形態と同様の構成であるので、プロジェクターシステム全体の説明を省略する。また、具体的一構成例（具体的仕様）についても第 1 実施形態において示した場合と同様であるものとする。

【0057】

図 11 は、本実施形態のプロジェクターシステム 600 を構成するプロジェクター 200 における撮像システム 250 の姿勢について示す図であり、図 3 に対応する図である。また、図 12 は、撮像システム 250 を構成する第 1 ~ 第 4 カメラ 250 a , 250 b , 250 c , 250 d のうち、一対の第 1 カメラ 250 a と第 2 カメラ 250 b による視差画像の取得とその撮像範囲について説明するための図であり、図 5 に対応する図である。

20

【0058】

まず、図 11 に示すように、第 1 実施形態と異なり、第 1 ~ 第 4 カメラ 250 a , 250 b , 250 c , 250 d の光軸 A X 1 ~ A X 4 は、X Z 面に平行な面について射影してみた場合においても、プロジェクター本体部 100 p の光軸 P X に対して平行となっておらず、傾いている。さらに、第 1 実施形態と同様に、各カメラ 250 a , 250 b , 250 c , 250 d は、所定角度範囲内のあおり角で傾いている。

30

【0059】

ただし、一対構成となっている第 1 カメラ 250 a と第 2 カメラ 250 b とは、X Z 面に平行な面について射影してみた場合において平行となるように同程度で撮像範囲である + X 側に傾いている。同様に、もう一方の一対構成となっている第 3 カメラ 250 c と第 4 カメラ 250 d とは、X Z 面に平行な面について射影してみた場合において平行となるように同程度で撮像範囲である - X 側に傾いている。つまり、各カメラ 250 a , 250 b , 250 c , 250 d は、被照射領域 P L a のうち撮像する範囲に対応してそれぞれ傾いている。また、見方を変えると、被照射領域 P L a 側すなわちスクリーン S C 側の第 1 カメラ 250 a 及び第 3 カメラ 250 c は、内側に傾き、スクリーン S C から遠い側の第 2 カメラ 250 b 及び第 4 カメラ 250 d は、外側に傾いている。ここでは、一例として、X Z 面に平行な面について射影してみた場合において、各光軸 A X 1 ~ A X 4 は、光軸 P X に対して 20 ° 傾いているものとする。

40

【0060】

この場合、図 12 に示すように、例えば一対構成の第 1 カメラ 250 a 及び第 2 カメラ 250 b は、第 1 実施形態の場合（図 5 参照）と比べて、やや傾いた状態で撮像が行われることになる。これは、第 3 カメラ 250 c 及び第 4 カメラ 250 d においても同様である。

【0061】

図 13 では、第 1 実施形態の場合での第 1 カメラ 50 a 及び第 2 カメラ 50 b による撮像の様子を上段に示し、第 2 実施形態の場合での第 1 カメラ 250 a 及び第 2 カメラ 250

50

0 b による撮像の様子を下段に示し、これらと比較する図である。図中において、実線の円 C R 1 は、画角 80 度に相当するラインを示すものであり、破線の円 C R 2 は、必要最大画角を示すラインである。円 C R 2 は、図中に示す被照射領域 P L a の半分の領域に相当する必須撮像範囲 E I のうち、最も大きな画角を要する位置 E E を通る画角のラインである。円 C R 1 を基準に図 13 の上段と下段とを比較すると、下段の円 C R 2 の方が小さいことが分かる。すなわち、本実施形態の場合、カメラの画角をより小さくできることが分かる。なお、本実施形態の場合も、具体的構成例（具体的仕様）における誤差領域 E R 及びこれを内包する最小円 M C を規定する微小角度 $\Delta \theta 1$, $\Delta \theta 2$ や角度 $\theta 3$ の値については、第 1 実施形態の場合と差が見られなかった。

【0062】

10

本実施形態においても、撮像システム 250 を構成する 4 つの撮像部であるカメラ 250 a , 250 b , 250 c , 250 d によって撮像範囲の異なる 2 組の視差画像を撮像可能とすることで、高い精度での位置検知を可能にする視差情報を、各カメラ間の距離をより短いものとしつつ取得できる。これにより、例えば視差情報を利用して投射画面である被照射領域 P L a 上の指示体を検出することで、インタラクティブな画像投射を実現するにあたって、装置の小型化を図ることができる。

【0063】

〔その他〕

この発明は、上記の各実施形態に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の態様で実施することが可能である。

20

【0064】

上記では、撮像システム 50 , 250 は、プロジェクター 100 , 200 を構成する一部として組み込まれるものとすることもできるが、例えば、撮像システム 50 , 250 は、プロジェクター 100 , 200 とは別体の撮像装置として存在するものとしてもよい。

【0065】

また、上記では、具体的構成例（具体的仕様）に即して説明しているが、これはあくまで一例であり、構成例については種々の多様な場合が考えられる。

【0066】

また、上記では、プロジェクター制御部や、プロジェクター 100 に接続可能な P C 等において各種処理をなすものとして記載しているが、担わせる処理については、種々の態様が可能である。例えば、各種制御の一部又は全部を P C 等の外部接続機器で行う（P C 等がプロジェクター制御部を構成する）ものとしてもよい。また、逆に、P C レスとすることも可能である。

30

【0067】

また、上記では、キャリブレーションにおいて、パターン画像 P T を緑色波長帯域の光で構成されるパターン画像光 G L によって投影するものとしているが、パターン画像 P T の投影については、緑色波長帯域の光に限らず、他の波長帯域の光を利用することも考えられる。

【0068】

また、上記では、プロジェクター本体部 100 p を構成する光源や光変調装置、投射光学系等については、図示や詳細な説明を一部省略しているが、種々の態様が適用可能であり、例えば光源に関しては、上記のほか、例えば高圧水銀ランプ等を利用し、3色の光源に分離して適用することも可能である。光変調装置については、上記のほか、例えば光変調装置についても液晶パネルにカラーフィルターを利用したものや、反射型液晶パネル、デジタル・マイクロミラー・デバイス等により構成するといった種々の態様が考えられる。

40

【符号の説明】

【0069】

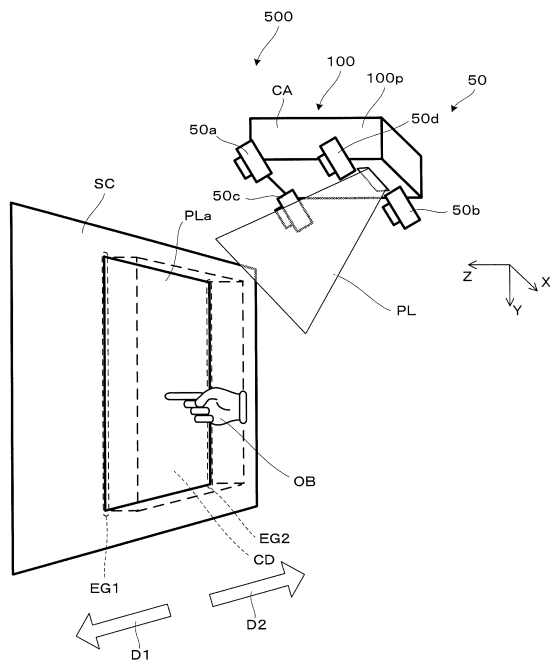
A E ... アクティブエリア、A X 1 - A X 4 ... 光軸、C 1 , C 2 , C 3 ... 点、C A ... 筐体、C D ... 立体的領域、C R 1 , C R 2 ... 円、D 1 ... 第 1 方向、D 2 ... 第 2 方向、E E ... 位

50

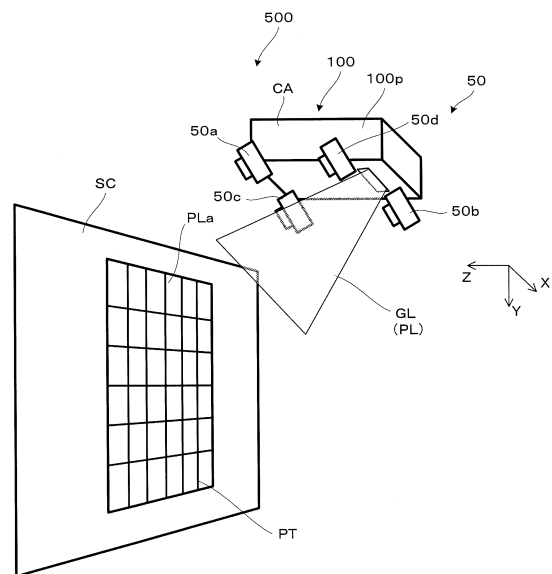
置、E I ... 必須撮像範囲、E P 1 ... 平面、E R ... 誤差領域、G L ... パターン画像光、L S ... レンズ、M C ... 円、O B ... 指示体、P 1 ... 投射方向、P H ... ピッチ、P L ... 投射光、P L a ... 被照射領域、P L i ... 映像画像、P T ... パターン画像、P X ... 光軸、R E ... 受光素子、S C ... スクリーン、S E ... エリア、T 1 ... 幅、V 1 , V 2 , V 3 ... 距離、W 1 ... 横幅、X 1 , X 2 ... 軸、f ... 焦点距離、 $\Delta \theta$, $\Delta \theta 1$, $\Delta \theta 2$... 微小角度、 $\alpha 1$, $\alpha 2$... あおり角、 $\theta 1$, $\theta 2$... 仰角、 $\theta 3$... 角度、4 0 ... 投射レンズ、5 0 ... 撮像システム、5 0 a ... 第 1 カメラ (第 1 撮像部)、5 0 b ... 第 2 カメラ (第 2 撮像部)、5 0 c ... 第 3 カメラ (第 3 撮像部)、5 0 d ... 第 4 カメラ (第 4 撮像部)、1 0 0 ... プロジェクター、1 0 0 p ... プロジェクター本体部、2 0 0 ... プロジェクター、2 5 0 ... 撮像システム、2 5 0 a , 2 5 0 b , 2 5 0 c , 2 5 0 d ... 第 1 ~ 第 4 カメラ (第 1 ~ 第 4 撮像部)、5 0 0 ... プロジェクターシステム、6 0 0 ... プロジェクターシステム

10

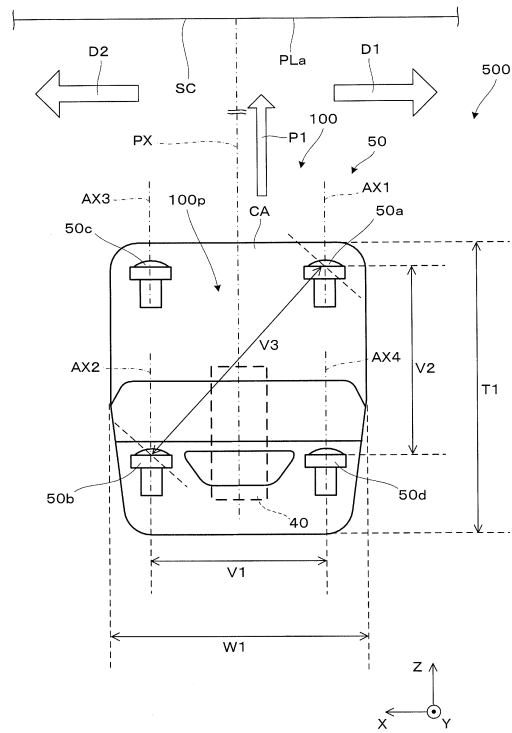
【図 1】



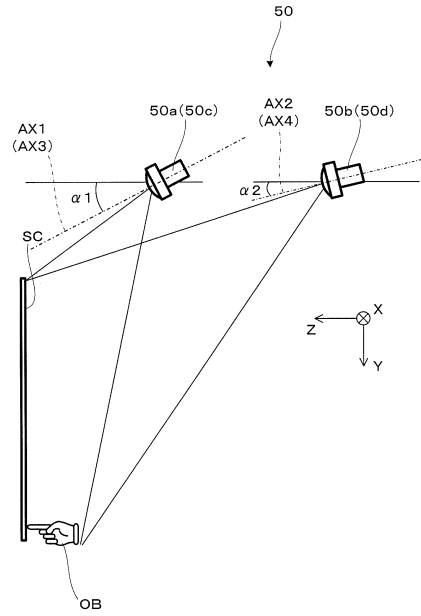
【図 2】



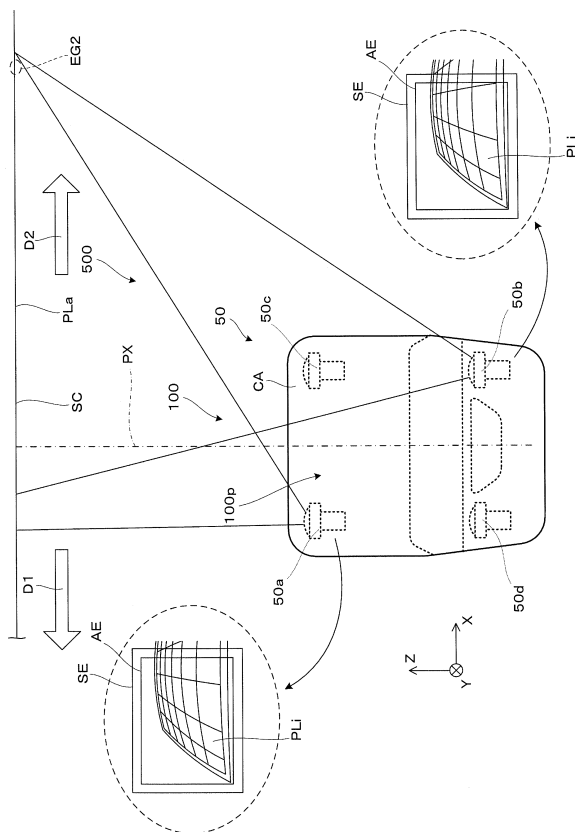
【図 3】



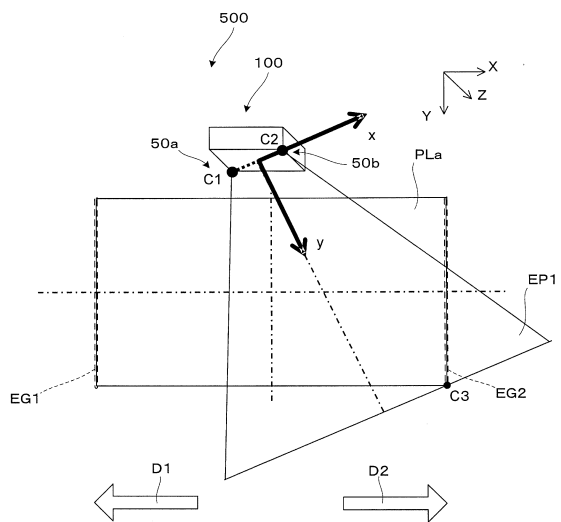
【図 4】



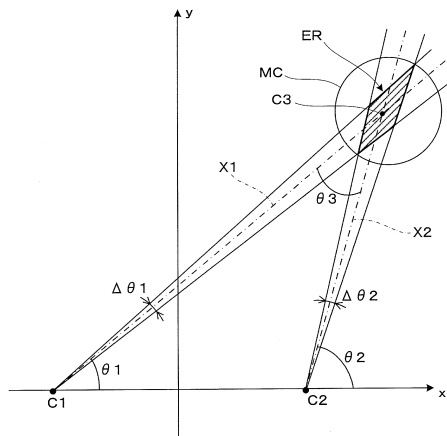
【図 5】



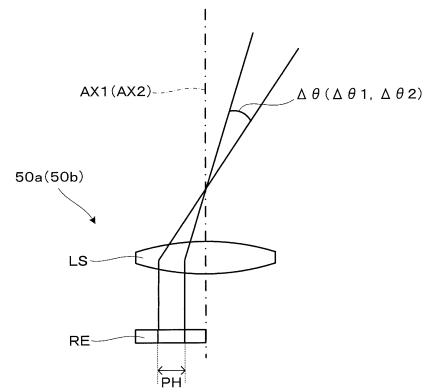
【図 6】



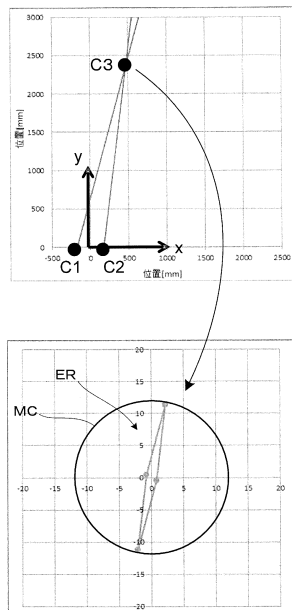
【図 7】



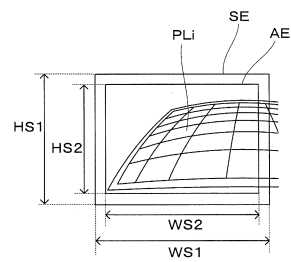
【図 8】



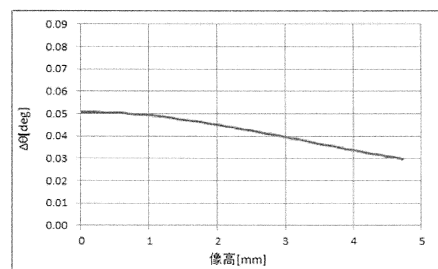
【図 9】



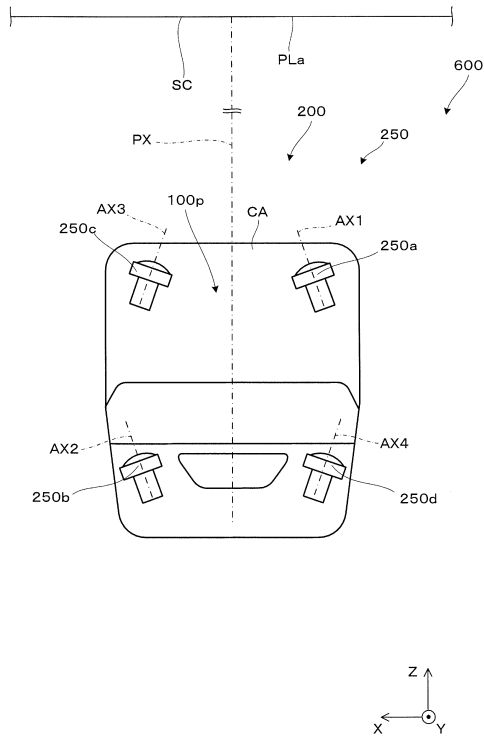
【図 10 A】



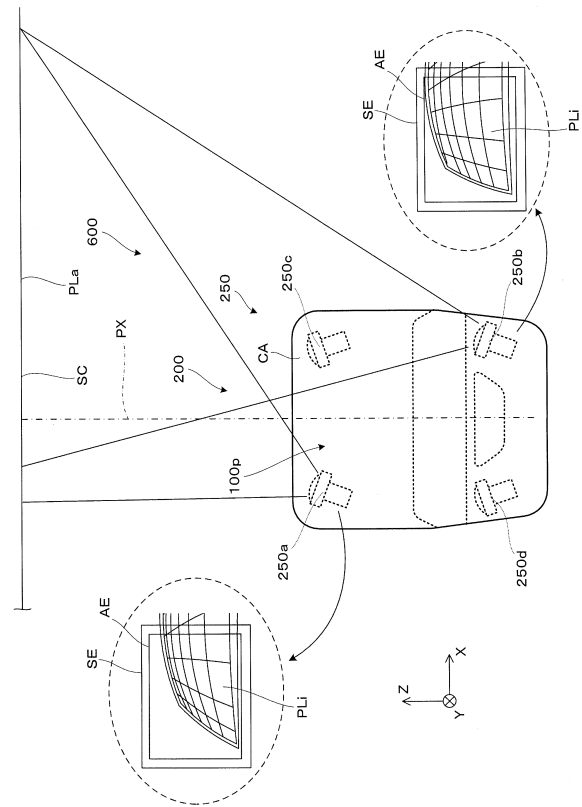
【図 10 B】



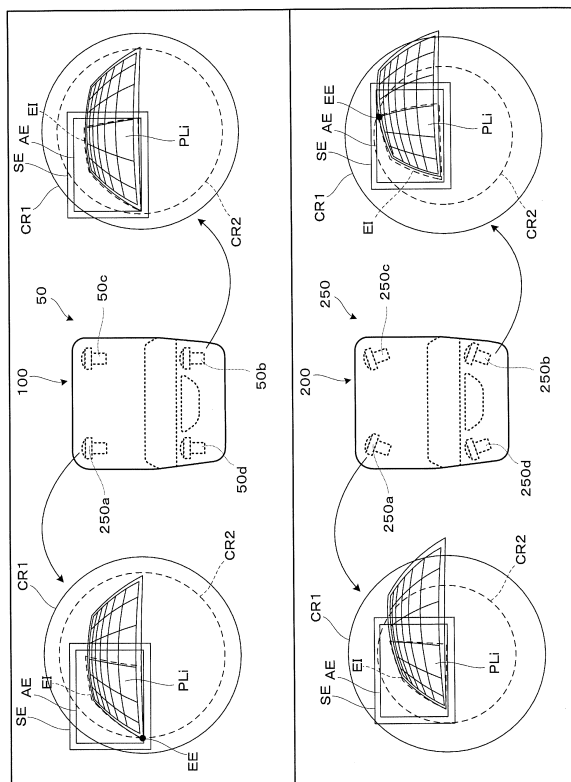
【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2016 - 114963 (JP, A)
特開 2007 - 271301 (JP, A)
特開 2004 - 265222 (JP, A)
国際公開第 2016 / 047807 (WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06F	3 / 03	-	3 / 047
G03B	21 / 00		
H04N	5 / 74		