

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6631281号  
(P6631281)

(45) 発行日 令和2年1月15日(2020.1.15)

(24) 登録日 令和1年12月20日(2019.12.20)

(51) Int.Cl.

F 1

<b>G06F</b>	<b>3/041</b>	<b>(2006.01)</b>	G06F	3/041	520
<b>G06F</b>	<b>3/042</b>	<b>(2006.01)</b>	G06F	3/042	470
<b>G06F</b>	<b>3/0346</b>	<b>(2013.01)</b>	G06F	3/0346	422
<b>G09G</b>	<b>5/00</b>	<b>(2006.01)</b>	G09G	5/00	510B
			G09G	5/00	510H

請求項の数 2 (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2016-18866 (P2016-18866)
(22) 出願日	平成28年2月3日(2016.2.3)
(65) 公開番号	特開2017-138776 (P2017-138776A)
(43) 公開日	平成29年8月10日(2017.8.10)
審査請求日	平成30年12月19日(2018.12.19)

(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	110000028 特許業務法人明成国際特許事務所
(72) 発明者	ポラック, カロル, マルチン ノルウェー国 7462 トロンハイム スラッペン ピー, オー, ボックス 12 88 エプソン ノルウェー リサーチ アンド ディベロップメント アクティー ゼルスカブ内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 インタラクティブプロジェクター、及び、そのオートキャリブレーション実行方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

投写面に対するユーザーの指示体による指示を受け取ることが可能なインタラクティブプロジェクターであって、

投写画像メモリーに格納された画像データに従って前記投写面に画像を投写する投写部と、

前記投写面を撮像して撮像画像を生成する撮像部と、

前記投写部から複数のキャリブレーションマークを含むオートキャリブレーション画像を投写させている状態で前記撮像部に前記投写面を撮像させ、撮像されたオートキャリブレーション画像内の前記複数のキャリブレーションマークの位置に基づいて、前記撮像部で撮像される撮像画像上の位置と前記投写画像メモリー内の画像データ上の位置との対応関係を決定するオートキャリブレーションを実行可能なキャリブレーション実行部と、

前記オートキャリブレーションで決定された位置の対応関係を用い、前記撮像部で撮像された指示体を含む撮像画像に基づいて、前記指示体により指示された指示位置を検出する検出部と、

を備え、

前記キャリブレーション実行部は、前記オートキャリブレーションの実行時において、前記撮像部により撮像されたオートキャリブレーション画像の周縁に存在する一部の領域を除外し、除外した領域以外の中央領域における最も高い明度を調べ、前記最も高い明度が予め定めた許容範囲内に収まるように、前記撮像部の露出を調整し、前記撮像部の露出

の調整を、前記オートキャリプレーション画像から前記キャリプレーションマークの検出を行う前に実行する、インタラクティブプロジェクト。

【請求項 2】

投写面に対するユーザーの指示体による指示を受け取ることが可能なインタラクティブプロジェクトのオートキャリプレーション実行方法であって、

( a ) 投写画像メモリーに格納されたオートキャリプレーション画像データに従って、複数のキャリプレーションマークを含むオートキャリプレーション画像を前記投写面に投写する工程と、

( b ) 前記投写面を撮像部で撮像することによって、撮像されたオートキャリプレーション画像を生成する工程と、

( c ) 前記撮像されたオートキャリプレーション画像内の前記複数のキャリプレーションマークの位置に基づいて、前記撮像部で撮像される撮像画像上の位置と前記投写画像メモリー内の画像データ上の位置との対応関係を決定する工程と、

を備え、

前記工程 ( b ) は、

前記撮像部により撮像されたオートキャリプレーション画像の周縁に存在する一部の領域を除外する工程と、

除外した領域以外の中央領域における最も高い明度を調べる工程と、

前記最も高い明度が予め定めた許容範囲内に収まるように、前記撮像部の露出を調整する工程と、

を含み、

前記撮像部の露出の調整は、前記オートキャリプレーション画像から前記キャリプレーションマークの検出を行う前に実行される、インタラクティブプロジェクトのオートキャリプレーション実行方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、投写面に対するユーザーの指示体による指示を受け取ることが可能なインタラクティブプロジェクトに関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、インタラクティブプロジェクトが開示されている。インタラクティブプロジェクトは、投写画面をスクリーンに投写するとともに、発光ペンや指などの指示体 (pointing element) を含む画像をカメラで撮像し、この撮像画像を用いて指示体の位置を検出することが可能である。すなわち、インタラクティブプロジェクトは、指示体の先端がスクリーンに接しているときに投写画面に対して描画等の所定の指示が入力されているものと認識し、その指示に応じて投写画面を再描画する。従って、ユーザーは、投写画面をユーザーインターフェースとして用いて、各種の指示を入力することが可能である。

【0003】

特許文献 1 では、複数のキャリプレーションマークを含むオートキャリプレーション画像を用いたオートキャリプレーション (投写画像と撮影画像の位置の対応付け) を行う提案がなされている。オートキャリプレーションでは、プロジェクトからオートキャリプレーション画像を投写し、投写されたオートキャリプレーション画像をプロジェクトのカメラで撮像し、その撮像画像を解析することによって投写画像上の位置と撮影画像上の位置が対応付けられる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2015 - 159524 号公報

10

20

30

40

50

**【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

しかしながら、本願の発明者は、プロジェクターの設置環境の影響によっては、撮像されたオートキャリブレーション画像の明度が画像解析のための好ましい範囲を外れてしまう場合があることを見いだした。例えば、環境光が過度に明るい場合には、撮像画像の明度が過大になり、キャリブレーションマークの位置を精度良く検出できない。この結果、投写画像上の位置と撮影画像上の位置の対応付けを精度良く行えないという問題が生じ得ることが判明した。

**【課題を解決するための手段】**

10

**【0006】**

本発明は、上述の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の形態又は適用例として実現することが可能である。

本発明の第1形態は、投写面に対するユーザーの指示体による指示を受け取ることが可能なインタラクティブプロジェクターであって、投写画像メモリーに格納された画像データに従って前記投写面に画像を投写する投写部と、前記投写面を撮像して撮像画像を生成する撮像部と、前記投写部から複数のキャリブレーションマークを含むオートキャリブレーション画像を投写させている状態で前記撮像部に前記投写面を撮像させ、撮像されたオートキャリブレーション画像内の前記複数のキャリブレーションマークの位置に基づいて、前記撮像部で撮像される撮像画像上の位置と前記投写画像メモリー内の画像データ上の位置との対応関係を決定するオートキャリブレーションを実行可能なキャリブレーション実行部と、前記オートキャリブレーションで決定された位置の対応関係を用い、前記撮像部で撮像された指示体を含む撮像画像に基づいて、前記指示体により指示された指示位置を検出する検出部と、を備える。前記キャリブレーション実行部は、前記オートキャリブレーションの実行時において、前記撮像部により撮像されたオートキャリブレーション画像の周縁に存在する一部の領域を除外し、除外した領域以外の中央領域における最も高い明度を調べ、前記最も高い明度が予め定めた許容範囲内に收まるように、前記撮像部の露出を調整し、前記撮像部の露出の調整を、前記オートキャリブレーション画像から前記キャリブレーションマークの検出を行う前に実行する。

20

本発明の第2形態は、投写面に対するユーザーの指示体による指示を受け取ることが可能なインタラクティブプロジェクターのオートキャリブレーション実行方法であって、(a)投写画像メモリーに格納されたオートキャリブレーション画像データに従って、複数のキャリブレーションマークを含むオートキャリブレーション画像を前記投写面に投写する工程と、(b)前記投写面を撮像部で撮像することによって、撮像されたオートキャリブレーション画像を生成する工程と、(c)前記撮像されたオートキャリブレーション画像内の前記複数のキャリブレーションマークの位置に基づいて、前記撮像部で撮像される撮像画像上の位置と前記投写画像メモリー内の画像データ上の位置との対応関係を決定する工程と、を備える。前記工程(b)は、前記撮像部により撮像されたオートキャリブレーション画像の周縁に存在する一部の領域を除外する工程と、除外した領域以外の中央領域における最も高い明度を調べる工程と、前記最も高い明度が予め定めた許容範囲内に收まるように、前記撮像部の露出を調整する工程と、を含み、前記撮像部の露出の調整は、前記オートキャリブレーション画像から前記キャリブレーションマークの検出を行う前に実行される。

30

**【0007】**

(1) 本発明の一形態によれば、投写面に対するユーザーの指示体による指示を受け取ることが可能なインタラクティブプロジェクターが提供される。このインタラクティブプロジェクターは、投写画像メモリーに格納された画像データに従って前記投写面に画像を投写する投写部と；前記投写面を撮像して撮像画像を生成する撮像部と；前記投写部から複数のキャリブレーションマークを含むオートキャリブレーション画像を投写させている状態で前記撮像部に前記投写面を撮像させ、撮像されたオートキャリブレーション画像内の

40

50

前記複数のキャリブレーションマークの位置に基づいて、前記撮像部で撮像される撮像画像上の位置と前記投写画像メモリー内の画像データ上の位置との対応関係を決定するオートキャリブレーションを実行可能なキャリブレーション実行部と；前記オートキャリブレーションで決定された位置の対応関係を用い、前記撮像部で撮像された指示体を含む撮像画像に基づいて、前記指示体により指示された指示位置を検出する検出部と；を備える。前記キャリブレーション実行部は、前記オートキャリブレーションの実行時において、前記撮像部により撮像されたオートキャリブレーション画像の明度が予め定めた許容範囲内に収まるように、前記撮像部の露出を調整する。

このインタラクティブプロジェクターによれば、撮像部の露出を調整することによって、撮像されたオートキャリブレーション画像の明度を画像解析のための好ましい範囲に納めることができ、投写画像上の位置と撮影画像上の位置の対応付けを精度良く行うことが可能である。 10

#### 【0008】

(2) 上記インタラクティブプロジェクターにおいて、前記キャリブレーション実行部は、前記撮像されたオートキャリブレーション画像内の最も高い明度が前記許容範囲内に収まるように前記撮像部の露出を調整するものとしてもよい。

この構成によれば、撮像されたオートキャリブレーション画像内の最高明度が許容範囲内に収まるので、キャリブレーションマークの位置を精度良く検出することができ、投写画像上の位置と撮影画像上の位置の対応付けを精度良く行うことが可能である。 20

#### 【0009】

(3) 上記インタラクティブプロジェクターにおいて、前記キャリブレーション実行部は、前記撮像されたオートキャリブレーション画像内の明度を調べる際に、前記撮像されたオートキャリブレーション画像の周縁に存在する一部の領域を除外し、除外した領域以外の中央領域における明度を調べるものとしてもよい。

この構成によれば、環境光の影響が少ない中央領域の明度が許容範囲内に収まるように露出の調整を行うので、適切な露出調整を行うことが可能である。 30

#### 【0010】

本発明は、種々の形態で実現することが可能であり、例えば、インタラクティブプロジェクター、指示体とインタラクティブプロジェクターとを含むプロジェクションシステム、そのオートキャリブレーション実行方法、それらの方法または装置の機能を実現するためのコンピュータプログラム、そのコンピュータプログラムを記録した一時的でない記録媒体 (non-transitory storage medium) 等の様々な形態で実現することができる。 30

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0011】

【図1】位置検出システムの斜視図。

【図2A】位置検出システムの正面図。

【図2B】位置検出システムの側面図。

【図3】プロジェクターの内部構成を示すブロック図。

【図4】オートキャリブレーション画像の一例を示す説明図。

【図5】不適切な明度を有するキャリブレーションマークの例を示す説明図。 40

【図6】オートキャリブレーションの実行手順を示すフローチャート。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0012】

図1は、本発明の一実施形態としてのインタラクティブプロジェクションシステム900の斜視図である。このシステム900は、インタラクティブプロジェクター100と、操作面を提供するスクリーン板920と、層状検出光照射部440（ライトカーテンユニット）と、自発光指示体70とを有している。なお、層状検出光照射部440は、インタラクティブプロジェクター100の一部であるが、図1では、図示の便宜上、別体として描いている。スクリーン板920の前面は、投写スクリーン面SS（projection Screen Surface）として利用される。プロジェクター100は、支持部材910によってスクリ

ーン板 920 の前方かつ上方に固定されている。なお、図 1 では投写スクリーン面 SS を鉛直に配置しているが、投写スクリーン面 SS を水平に配置してこのシステム 900 を使用することも可能である。

#### 【 0013 】

プロジェクター 100 は、投写スクリーン面 SS 上に投写画面 PS (Projected Screen) を投写する。投写画面 PS は、通常は、プロジェクター 100 内で描画された画像を含んでいる。プロジェクター 100 内で描画された画像がない場合には、プロジェクター 100 から投写画面 PS に光が照射されて、白色画像が表示される。本明細書において、「投写スクリーン面 SS」とは、画像が投写される部材の表面を意味する。また、「投写画面 PS」とは、プロジェクター 100 によって投写スクリーン面 SS 上に投写された画像の領域を意味する。通常は、投写スクリーン面 SS の一部に投写画面 PS が投写される。投写スクリーン面 SS を「投写面 SS」とも呼ぶ。

#### 【 0014 】

自発光指示体 70 は、発光可能な先端部 71 と、使用者が保持する軸部 72 と、軸部 72 に設けられたボタンスイッチ 73 とを有するペン型の指示体である。自発光指示体 70 の先端部 71 は、例えば赤外光を発する。自発光指示体 70 の構成や機能については後述する。このシステム 900 では、1 つ又は複数の自発光指示体 70 とともに、1 つ又は複数の非発光指示体 80 (非発光のペンや指など) を利用可能である。

#### 【 0015 】

図 2A は、インタラクティブプロジェクションシステム 900 の正面図であり、図 2B はその側面図である。本明細書では、投写面 SS の左右に沿った方向を X 方向と定義し、投写面 SS の上下に沿った方向を Y 方向と定義し、投写面 SS の法線に沿った方向を Z 方向と定義している。また、図 2A における投写面 SS の左上の位置を座標 (X, Y) の原点 (0, 0) としている。なお、便宜上、X 方向を「左右方向」とも呼び、Y 方向を「上下方向」とも呼び、Z 方向を「前後方向」とも呼ぶ。また、Y 方向 (上下方向) のうち、プロジェクター 100 から見て投写画面 PS が存在する方向を「下方向」と呼ぶ。なお、図 2B では、図示の便宜上、スクリーン板 920 のうちの投写画面 PS の範囲にハッチングを付している。

#### 【 0016 】

プロジェクター 100 は、投写画面 PS を投写面 SS 上に投写する投写レンズ 210 と、投写画面 PS の領域を撮像するカメラ 310 と、指示体 (自発光指示体 70 及び非発光指示体 80) に層状検出光 LL (図 2B) を照射するための層状検出光照射部 440 とを有している。層状検出光照射部 440 は、非発光指示体 80 が投写画面 PS (すなわち投写面 SS) に接していることを検出するため、投写画面 PS の表面全体に亘って層状 (又はカーテン状) の検出光 LL を射出する照射部である。層状検出光 LL としては、例えば赤外光を利用できる。ここで、「層状」又は「カーテン状」とは、ほぼ一様な厚さの薄い空間形状を意味する。投写面 SS と層状検出光 LL との間の距離は、例えば 1 ~ 10 mm (好ましくは 1 ~ 5 mm) の範囲の値に設定される。

#### 【 0017 】

カメラ 310 は、層状検出光 LL (赤外光) と自発光指示体 70 が発する赤外光の波長を含む波長領域の光を受光して撮像する第 1 の撮像機能を少なくとも有している。カメラ 310 は、更に、可視光を含む光を受光して撮像する第 2 の撮像機能を有し、これらの 2 つの撮像機能を切り替え可能に構成されていることが好ましい。例えば、カメラ 310 は、可視光を遮断して近赤外光のみを通過させる近赤外フィルターをレンズの前に配置したりレンズの前から後退させたりすることが可能な近赤外フィルター切換機構 (図示せず) をそれぞれ備えることが好ましい。図 2B に示すように、カメラ 310 は投写面 SS から Z 方向に距離 L だけ離れた位置に設置されている。

#### 【 0018 】

図 2A の例は、インタラクティブプロジェクションシステム 900 がホワイトボードモードで動作している様子を示している。ホワイトボードモードは、自発光指示体 70 や非

10

20

40

50

発光指示体 80 を用いて投写画面 PS 上にユーザーが任意に描画できるモードである。投写面 SS 上には、ツールボックス TB を含む投写画面 PS が投写されている。このツールボックス TB は、処理を元に戻す取消ボタン UDB と、マウスポインターを選択するポインターボタン PTB と、描画用のペンツールを選択するペンボタン PEB と、描画された画像を消去する消しゴムツールを選択する消しゴムボタン ERB と、画面を次に進めたり前に戻したりする前方 / 後方ボタン FRB と、を含んでいる。ユーザーは、指示体を用いてこれらのボタンをクリックすることによって、そのボタンに応じた処理を行ったり、ツールを選択したりすることが可能である。なお、システム 900 の起動直後は、マウスポインターがデフォルトツールとして選択されるようにしてもよい。図 2 A の例では、ユーザーがペンツールを選択した後、自発光指示体 70 の先端部 71 を投写面 SS に接した状態で投写画面 PS 内で移動させることにより、投写画面 PS 内に線が描画されてゆく様子が描かれている。この線の描画は、プロジェクター 100 の内部の投写画像生成部（後述）によって行われる。

#### 【 0019 】

なお、インタラクティブプロジェクションシステム 900 は、ホワイトボードモード以外の他のモードでも動作可能である。例えば、このシステム 900 は、パーソナルコンピューター（図示せず）から通信回線を介して転送されたデータの画像を投写画面 PS に表示する PC インタラクティブモードでも動作可能である。PC インタラクティブモードにおいては、例えば表計算ソフトウェアなどのデータの画像が表示され、その画像内に表示された各種のツールやアイコンを利用してデータの入力、作成、修正等を行うことが可能となる。

#### 【 0020 】

図 3 は、インタラクティブプロジェクター 100 と自発光指示体 70 の内部構成を示すブロック図である。プロジェクター 100 は、制御部 700 と、投写部 200 と、投写画像生成部 500 と、位置検出部 600 と、撮像部 300 と、信号光送信部 430 と、層状検出光照射部 440 とを有している。

#### 【 0021 】

制御部 700 は、プロジェクター 100 内部の各部の制御を行う。また、制御部 700 は、位置検出部 600 で検出された指示体（自発光指示体 70 や非発光指示体 80 ）の指示位置に応じて、投写画面 PS 上で行われた指示の内容を判定するとともに、その指示の内容に従って投写画像を作成又は変更することを投写画像生成部 500 に指令する。

#### 【 0022 】

投写画像生成部 500 は、投写画像を記憶する投写画像メモリー 510 を有しており、投写部 200 によって投写面 SS 上に投写される投写画像を生成する機能を有する。投写画像生成部 500 は、更に、投写画面 PS（図 2 A）の台形歪みを補正するキーストーン補正部としての機能を有することが好ましい。

#### 【 0023 】

投写部 200 は、投写画像生成部 500 で生成された投写画像を投写面 SS 上に投写する機能を有する。投写部 200 は、図 2 B で説明した投写レンズ 210 の他に、光変調部 220 と、光源 230 とを有する。光変調部 220 は、投写画像メモリー 510 から与えられる投写画像データに応じて光源 230 からの光を変調することによって投写画像光 IML を形成する。この投写画像光 IML は、典型的には、RGB の 3 色の可視光を含むカラー画像光であり、投写レンズ 210 によって投写面 SS 上に投写される。なお、光源 230 としては、超高压水銀ランプ等の光源ランプの他、発光ダイオードやレーザーダイオード等の種々の光源を採用可能である。また、光変調部 220 としては、透過型又は反射型の液晶パネルやデジタルミラーデバイス等を採用可能であり、色光別に複数の光変調部 220 を備えた構成としてもよい。

#### 【 0024 】

信号光送信部 430 は、自発光指示体 70 によって受信される装置信号光 ASL を送信する機能を有する。装置信号光 ASL は、同期用の近赤外光信号であり、プロジェクター

10

20

30

40

50

100の信号光送信部430から自発光指示体70に対して定期的に発せられる。自発光指示体70の先端発光部77は、装置信号光ASLに同期して、予め定められた発光パターン（発光シーケンス）を有する近赤外光である指示体信号光PSL（後述）を発する。また、撮像部300のカメラ310は、指示体（自発光指示体70及び非発光指示体80）の位置検出を行う際に、装置信号光ASLに同期した所定のタイミングで撮像を実行する。

【0025】

撮像部300は、図2A、図2Bで説明したカメラ310を有している。前述したように、このカメラ310は、層状検出光LLと自発光指示体70が発する赤外光の波長を含む波長領域の光を受光して撮像する機能を有する。図3の例では、層状検出光照射部440によって照射された層状検出光LLが指示体（自発光指示体70及び非発光指示体80）で反射され、その反射検出光RDLLがカメラ310によって受光されて撮像される様子が描かれている。カメラ310は、更に、自発光指示体70の先端発光部77から発せられる近赤外光である指示体信号光PSLも受光して撮像する。カメラ310の撮像は、層状検出光照射部440から発せられる層状検出光LLがオン状態（発光状態）である第1の期間と、層状検出光LLがオフ状態（非発光状態）である第2の期間と、の両方で実行される。位置検出部600は、これらの2種類の期間における画像を比較することによって、画像内に含まれる個々の指示体が、自発光指示体70と非発光指示体80のいずれであるかを判定することが可能である。

【0026】

位置検出部600は、カメラ310で撮像された画像を解析して、指示体（自発光指示体70や非発光指示体80）の指示位置を決定する機能を有する。この際、位置検出部600は、自発光指示体70の発光パターンを利用して、画像内の個々の指示体が自発光指示体70と非発光指示体80のいずれであるかについても判定する。本実施形態において、位置検出部600は、検出部610と、キャリブレーション実行部620と、を有している。検出部610は、カメラ310で撮像された撮像画像を解析して指示体の指示位置を検出する機能を有する。キャリブレーション実行部620は、後述するオートキャリブレーション（撮像画像上の位置と投写画像メモリー510内の画像データ上の位置との対応付け）を実行する機能を有する。オートキャリブレーションの結果は、検出部610が指示体の指示位置を検出する際に利用される。すなわち、図2Aに示すように指示体70を用いた指示が行われると、検出部610は、オートキャリブレーションで決定された位置の対応関係を用い、撮像部300のカメラ310で撮像された指示体70を含む撮像画像に基づいて、指示体70により指示された指示位置を検出する。このオートキャリブレーションの結果、撮像画像上の位置と投写画像メモリー510内の画像データ上の位置との対応関係が決定される。この対応関係は、投写面SS上の位置とプロジェクター100の座標との対応関係にも相当する。

【0027】

自発光指示体70には、ボタンスイッチ73の他に、信号光受信部74と、制御部75と、先端スイッチ76と、先端発光部77とが設けられている。信号光受信部74は、プロジェクター100の信号光送信部430から発せられた装置信号光ASLを受信する機能を有する。先端スイッチ76は、自発光指示体70の先端部71が押されるとオン状態になり、先端部71が解放されるとオフ状態になるスイッチである。先端スイッチ76は、通常はオフ状態にあり、自発光指示体70の先端部71が投写面SSに接触するとその接触圧によってオン状態になる。先端スイッチ76がオフ状態のときには、制御部75は、先端スイッチ76がオフ状態であることを示す特定の第1の発光パターンで先端発光部77を発光させることによって、第1の発光パターンを有する指示体信号光PSLを発する。一方、先端スイッチ76がオン状態になると、制御部75は、先端スイッチ76がオン状態であることを示す特定の第2の発光パターンで先端発光部77を発光させることによって、第2の発光パターンを有する指示体信号光PSLを発する。これらの第1の発光パターンと第2の発光パターンは、互いに異なるので、位置検出部600は、カメラ31

10

20

30

40

50

0で撮像された画像を分析することによって、先端スイッチ76がオン状態かオフ状態かを識別することが可能である。

#### 【0028】

自発光指示体70のボタンスイッチ73は、先端スイッチ76と同じ機能を有する。従って、制御部75は、ユーザーによってボタンスイッチ73が押された状態では上記第2の発光パターンで先端発光部77を発光させ、ボタンスイッチ73が押されていない状態では上記第1の発光パターンで先端発光部77を発光させる。換言すれば、制御部75は、先端スイッチ76とボタンスイッチ73の少なくとも一方がオンの状態では上記第2の発光パターンで先端発光部77を発光させ、先端スイッチ76とボタンスイッチ73の両方がオフの状態では上記第1の発光パターンで先端発光部77を発光させる。

10

#### 【0029】

但し、ボタンスイッチ73に対して先端スイッチ76と異なる機能を割り当てるようにしてもよい。例えば、ボタンスイッチ73に対してマウスの右クリックボタンと同じ機能を割り当てた場合には、ユーザーがボタンスイッチ73を押すと、右クリックの指示がプロジェクター100の制御部700に伝達され、その指示に応じた処理が実行される。このように、ボタンスイッチ73に対して先端スイッチ76と異なる機能を割り当てた場合には、先端発光部77は、先端スイッチ76のオン／オフ状態及びボタンスイッチ73のオン／オフ状態に応じて、互いに異なる4つの発光パターンで発光する。この場合には、自発光指示体70は、先端スイッチ76とボタンスイッチ73のオン／オフ状態の4つの組み合わせを区別しつつ、プロジェクター100に伝達することが可能である。

20

#### 【0030】

図3に描かれている5種類の信号光の具体例をまとめると以下の通りである。

(1) 投写画像光 IML：投写面SSに投写画面PSを投写するために、投写レンズ210によって投写面SS上に投写される画像光(可視光)である。

(2) 層状検出光 LL：非発光指示体80の指示位置を検出するために、投写画面PSの全面にわたって照射されるカーテン状の近赤外光である。

(3) 反射検出光 RDL：層状検出光LLとして照射された近赤外光のうち、指示体(自発光指示体70及び非発光指示体80)によって反射され、カメラ310によって受光される近赤外光である。

(4) 装置信号光 ASL：プロジェクター100と自発光指示体70との同期をとるために、プロジェクター100の信号光送信部430から定期的に発せられる近赤外光である。

30

(5) 指示体信号光 PSL：装置信号光ASLに同期したタイミングで、自発光指示体70の先端発光部77から発せられる近赤外光である。指示体信号光PSLの発光パターンは、自発光指示体70のスイッチ73, 76のオン／オフ状態に応じて変更される。また、複数の自発光指示体70を識別する固有の発光パターンを有する。

#### 【0031】

図4は、オートキャリブレーションに利用されるオートキャリブレーション画像ACPの一例を示す説明図である。この例では、5×5個のキャリブレーションマークCMを含むオートキャリブレーション画像ACPが、投写面SS上に投写されている。図4の下部に拡大して示すように、1つのキャリブレーションマークCMは、複数の明領域LA(明るい矩形部分)と複数の暗領域DA(暗い矩形部分)が規則的に配列された形状を有する。なお、この例では、暗領域DAの明度は背景と同じであり、背景の一部となっている。キャリブレーションマークCMの中心位置CCは、中央にある明領域LAと暗領域DAの交点位置として認識される。撮像部300(カメラ310)は、投写面SS上に投写されたオートキャリブレーション画像ACPを多階調画像として撮像することが可能である。なお、投写画像メモリー510(図3)に格納されているオートキャリブレーション画像データでは、例えば、明領域LAは全白の領域であり、暗領域DAは全黒の領域である。但し、投写面SS上に投写された状態では、投写面SSの光反射／吸収特性や環境光の影響のため、明領域LAは全白領域でなく、暗領域DAも全黒領域ではない。従って、撮像

40

50

部 300 で撮像される多階調のオートキャリブレーション画像 ACP において、明領域 LA は画素値がその可能最大値（例えば 10 ビットでは 1023）よりもやや小さな画素値を有する高明度の領域となり、暗領域 DA は画素値がゼロよりもやや大きな画素値を有する低明度の領域となる。

【0032】

キャリブレーション実行部 620（図 3）は、このオートキャリブレーション画像 ACP を投写部 200 に投写させた状態で撮像部 300 に撮像させ、撮像されたオートキャリブレーション画像 ACP を解析して、個々のキャリブレーションマーク CM の中心位置 CC を検出する。一方、このオートキャリブレーション画像 ACP の画像データは、投写画像メモリー 510 内に格納されており、その画像データにおけるキャリブレーションマーク CM の中心位置 CC は既知である。従って、キャリブレーション実行部 620 は、撮像されたオートキャリブレーション画像 ACP の解析結果から、撮像部 300 で撮像される撮像画像上の位置と、投写画像メモリー 510 内の画像データ上の位置との対応関係を決定することが可能である。

【0033】

図 5 は、不適切な明度を有するオートキャリブレーション画像 ACP におけるキャリブレーションマーク CM の例を示す説明図である。この例では、図 4 に比べて明領域 LA と暗領域 DA の明度がいずれも過度に高くなっている。このようなキャリブレーションマーク CM では、明領域 LA と暗領域 DA の境界が不明確なので、キャリブレーションマーク CM の中心位置 CC を精度良く検出することが困難であり、オートキャリブレーションの精度が低下してしまう可能性がある。そこで、キャリブレーション実行部 620 は、以下に説明するように、撮像されたオートキャリブレーション画像 ACP が適切な明度を有するように、撮像部 300（カメラ 310）の露出の調整を実行する。

【0034】

図 6 は、露出調整を含むオートキャリブレーションの実行手順を示すフローチャートである。この実行手順は、キャリブレーション実行部 620 の制御の下で行われる。ステップ S110 では、撮像部 300 のカメラ 310 の露出を初期設定する。露出の初期設定値としては、例えば、カメラ 310 の最小露出値又はそれに近い値を利用可能である。この理由は、撮像されるオートキャリブレーション画像 ACP が不適切な明度を有するのは、外部からの環境光（例えば太陽光）が強すぎて、露出過多となる場合が多いと想定されるからである。

【0035】

ステップ S120 では、投写部 200 がオートキャリブレーション画像 ACP を投写面 SS に投写し、撮像部 300 がその画像を撮像する。ステップ S130 では、撮像されたオートキャリブレーション画像 ACP のうちの周辺領域を除外して、中央領域のみを明度の調査対象とする。この理由は、周辺領域は環境光の影響によるノイズが多く含まれている可能性があるため、周辺領域を含むオートキャリブレーション画像 ACP の全体に関して明度を求めてしまうと、露出調整に適した明度が得られない可能性があるためである。

【0036】

図 6 のステップ S130 に示した例では、撮像されたオートキャリブレーション画像 ACP のうちで、左右の両端部の領域をそれぞれ除外しているが、この代わりに、上端部の領域と下端部の領域とをそれぞれ除外しても良い。或いは、左右の両端部の領域に加えて、上下の両端部の領域も除外しても良い。また、図 6 の例では、除外した左端部と右端部の領域のサイズは、撮像されたオートキャリブレーション画像 ACP の幅のそれぞれ約 1/3 であり、残った中央領域の幅も撮像されたオートキャリブレーション画像 ACP の幅の約 1/3 となっているが、除外する領域のサイズは適宜好ましい値に設定可能である。これらの説明から理解できるように、明度を調べる際には、撮像されたオートキャリブレーション画像 ACP の周縁に存在する一部の領域を除外し、除外した領域以外の中央領域における明度を調べることが好ましい。但し、周縁の領域を除外せずに、撮像されたオートキャリブレーション画像 ACP の全体を明度の調査対象としても良い。

10

20

30

40

50

## 【0037】

ステップS140では、撮像されたオートキャリブレーション画像ACPの調査対象領域の画素の画素値を調べて、最高明度Lmaxを求める。この際、精度をより高めるために、オートキャリブレーション画像ACPの撮像を複数回実行し、撮像された複数のオートキャリブレーション画像ACPの最高明度Lmaxの平均値を求めるようにしてもよい。なお、本明細書において、「最高明度Lmax」とは、特定の表色系の明度を意味しているのではなく、調査対象領域の画素値の中で最も大きな画素値を意味している。

## 【0038】

ステップS150では、得られた最高明度Lmaxが予め設定された許容範囲内にあるか否かが判定される。最高明度Lmaxが許容範囲内に無い場合にはステップS160に移行し、許容範囲内にある場合にはステップS170に移行する。最高明度Lmaxの許容範囲は、例えば、明度の可能最大値の80%±5%の範囲に設定可能である。ここで、「明度の可能最大値」は、複数ビットの画素値が取り得る最大値を意味している。例えば画素値が10ビットで表現される場合には、「明度の可能最大値」は十進数で1023である。なお、最高明度Lmaxの許容範囲は、明度の可能最大値（例えば1023）を含まないことが好ましい。この理由は、環境光の影響で明領域LAの最高明度Lmaxが可能最大値（=1023）に達している場合に、それが許容範囲内にあるものと判定しないようにするためである。なお、キャリブレーションマークCMの中心位置CCを精度良く求めるために、最高明度Lmaxの許容範囲は、明度の中央値（10ビットの画素値では十進数で512）よりも可能最大値により近い範囲に設定されることが好ましい。

10

20

## 【0039】

最高明度Lmaxが許容範囲内に無い場合には、ステップS160において、カメラ310の露出が調整される。例えば、最高明度Lmaxが許容範囲よりも低い場合にはカメラ310の露出値をN1だけ増大させ、逆に、最高明度Lmaxが許容範囲よりも高い場合にはカメラ310の露出値をN2だけ減少させる。露出の増大幅N1は、露出の減少幅N2より大きく設定しておくことが好ましい。例えば、露出値を8ビットで表現する場合には、N1=8、N2=1に設定することが可能である。ここで、露出の増大幅N1を減少幅N2よりも大きくした理由は、ステップS110における露出の初期設定値をカメラ310の最小露出値に近い値としたからである。露出の増大幅N1を減少幅N2よりも大きくしておけば、最高明度Lmaxを短時間で許容範囲に近づけることが可能である。また、最高明度Lmaxが許容範囲よりも高くなった後は、より小さな減少幅N2で露出を調整することによって、最高明度Lmaxを適切な許容範囲に納めることができる。但し、露出の調整方法は、上述したものに限らず、他の各種の調整方法を採用可能である。

30

## 【0040】

上述したステップS110～S160の処理によってカメラ310の露出が適正な値に調整されると、ステップS170において、その適正露出で撮像されたオートキャリブレーション画像ACPを用いて、オートキャリブレーションが実行される。すなわち、キャリブレーション実行部620は、撮像されたオートキャリブレーション画像ACPを解析して、個々のキャリブレーションマークCMの中心位置CCを検出し、撮像部300で撮像される撮像画像上の位置と、投写画像メモリー510内の画像データ上の位置との対応関係を決定する。

40

## 【0041】

以上のように、本実施形態では、撮像部300により撮像されたオートキャリブレーション画像ACPの明度が予め定めた許容範囲内に収まるように撮像部300の露出を調整するので、撮像されたオートキャリブレーション画像ACPの明度を画像解析のための好ましい範囲に納めることができる。この結果、プロジェクター100の設置環境の影響によって撮像画像の明度が不適切となってしまう可能がある場合にも、投写画像メモリー510内の投写画像上の位置と、撮像部300で撮像された撮影画像上の位置の対応付けを精度良く行うことが可能である。

50

## 【0042】

## ・变形例：

なお、この発明は上記の実施例や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において実施することが可能であり、例えば次のような変形も可能である。

## 【0043】

## ・变形例1：

上記実施形態では、撮像されたオートキャリプレーション画像 ACP の最高明度  $L_{max}$  がその許容範囲内に収まるように撮像部 300 の露出を調整していたが、最高明度  $L_{max}$  以外の他の明度値を利用して露出の調整を行っても良い。例えば、撮像されたオートキャリプレーション画像 ACP の調査対象領域における平均明度がその許容範囲内に収まるように撮像部 300 の露出を調整しても良く、或いは、調査対象領域内にある明領域 LA の平均明度がその許容範囲内に収まるように撮像部 300 の露出を調整しても良い。後者の場合には、個々の画素が明領域 LA に属しているか否かは、例えば、その画素値が中央値（10ビットの画素値では十進数で 512）以上か否かによって判定することができる。

10

## 【0044】

## ・变形例2：

上記実施形態では、明領域 LA（白領域）と暗領域 DA（黒領域）の2種類の矩形形状が組み合わされたキャリプレーションマーク CM を有するオートキャリプレーション画像 ACP を利用していたが、オートキャリプレーション画像としてはこれ以外の種々の形状を有するキャリプレーションマークを含む画像を利用可能である。また、キャリプレーションマークの個数も任意に設定可能である。

20

## 【0045】

## ・变形例3：

上記実施形態では、層状検出光 LL を利用したインタラクティブプロジェクターを説明したが、本発明は、層状検出光 LL を利用しないタイプのインタラクティブプロジェクターにも適用可能である。例えば、複数のカメラで撮像した複数の撮像画像を用い、ステレオカメラ方式（三角測量）で指示体の指示位置を検出するインタラクティブプロジェクターにも本発明を適用可能である。この場合には、各カメラに関して図 6 で説明した露出調整を行うことが好ましい。

30

## 【0046】

以上、いくつかの実施例に基づいて本発明の実施の形態について説明してきたが、上記した発明の実施の形態は、本発明の理解を容易にするためのものであり、本発明を限定するものではない。本発明は、その趣旨並びに特許請求の範囲を逸脱することなく、変更、改良され得るとともに、本発明にはその等価物が含まれることはもちろんである。

## 【符号の説明】

## 【0047】

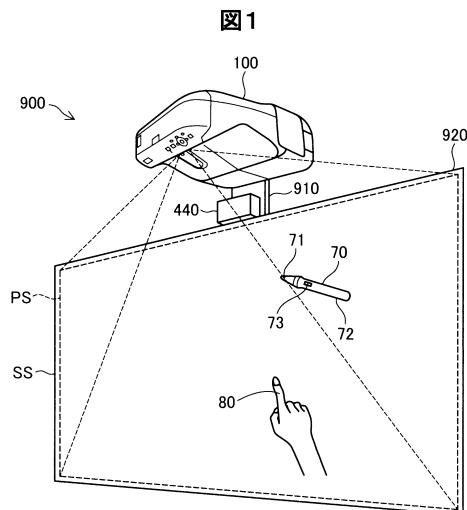
70...自発光指示体，71...先端部，72...軸部，73...ボタンスイッチ，74...信号光受信部，75...制御部，76...先端スイッチ，77...先端発光部，80...非発光指示体，100...インタラクティブプロジェクター，200...投写部，210...投写レンズ，220...光変調部，230...光源，300...撮像部，310...カメラ，430...信号光送信部，440...層状検出光照射部，500...投写画像生成部，510...投写画像メモリー，600...位置検出部，610...検出部，620...キャリプレーション実行部，700...制御部，900...インタラクティブプロジェクションシステム，910...支持部材，920...スクリーン板，ACP...オートキャリプレーション画像，ASL...装置信号光，CC...中心位置，CM...キャリプレーションマーク，DA...暗領域，ERB...消しゴムボタン，FRB...前方/後方ボタン，IML...投写画像光，L...距離，LA...明領域，LL...層状検出光，PEB...ペンボタン，PS...投写画面，PSL...指示体信号光，PTB...ポインターボタン，RDL...反射検出光，SS...投写面，TB...ツールボックス，UDB...取消

40

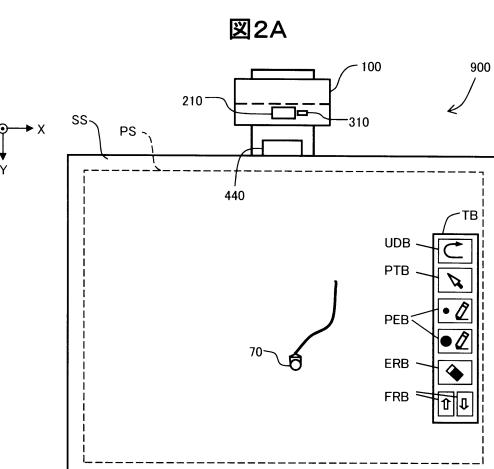
50

ボタン

【図1】

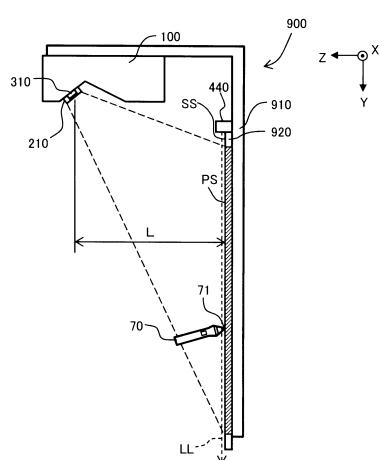


【図2A】



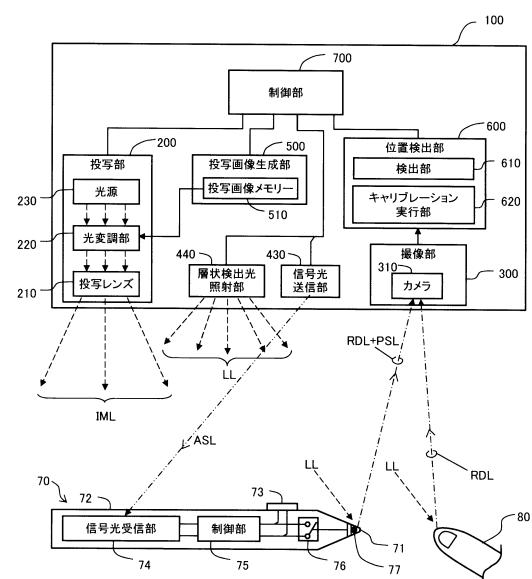
【図2B】

図2B



【図3】

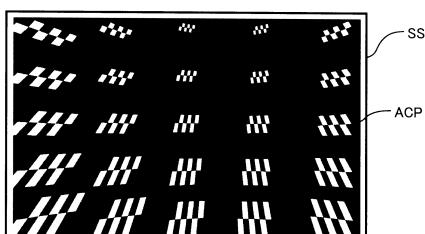
図3



IML: 投写画像光  
 LL: 層状検出光  
 RDL: 反射検出光  
 ASL: 装置信号光  
 PSL: 指示体信号光

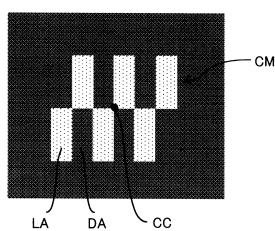
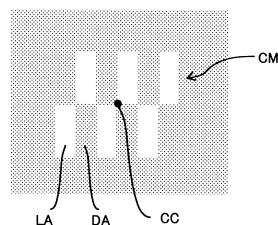
【図4】

図4



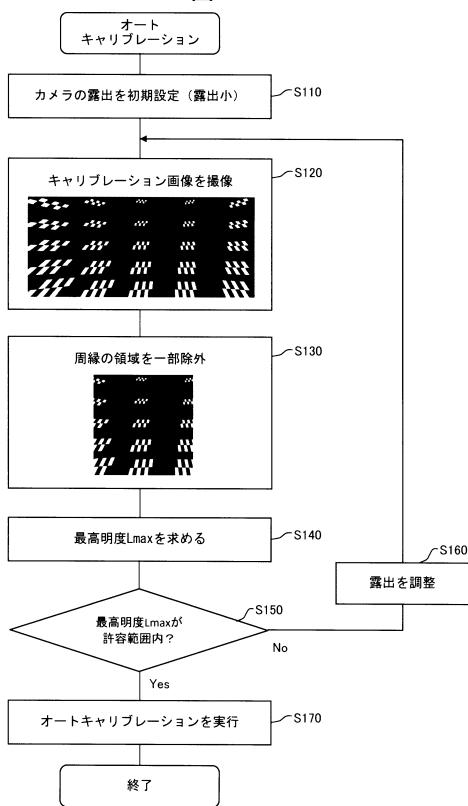
【図5】

図5



【図6】

図6



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

G 0 9 G	5/00	5 5 0 C
G 0 9 G	5/00	5 5 0 D
G 0 9 G	5/00	5 5 5 G
G 0 9 G	5/00	X

(72)発明者 田中 健児

ノルウェー国 7462 トロンハイム スラッペン ピー.オー.ボックス 1288 エプソン  
ノルウェー リサーチ アンド ディベロップメント アクティーゼルスカブ内

審査官 酒井 優一

(56)参考文献 特開2015-166893 (JP, A)

特開2011-040873 (JP, A)

特開2009-092867 (JP, A)

特開2008-211824 (JP, A)

特開2013-195741 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 6 F 3 / 0 4 1

G 0 6 F 3 / 0 4 2

G 0 6 F 3 / 0 3 4 6

G 0 9 G 5 / 0 0