

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6459705号
(P6459705)

(45) 発行日 平成31年1月30日(2019.1.30)

(24) 登録日 平成31年1月11日(2019.1.11)

(51) Int. Cl.		F I			
G06F	3/042	(2006.01)	G06F	3/042	473
G06F	3/041	(2006.01)	G06F	3/041	650
			G06F	3/041	580

請求項の数 8 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2015-65625 (P2015-65625)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成27年3月27日 (2015. 3. 27)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2016-186668 (P2016-186668A)		東京都新宿区新宿四丁目1番6号
(43) 公開日	平成28年10月27日 (2016.10.27)	(74) 代理人	110000028
審査請求日	平成30年2月9日 (2018.2.9)		特許業務法人明成国際特許事務所
		(72) 発明者	モサカニ, ババク
			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、インタラクティブプロジェクションシステム、及び、インタラクティブプロジェクターの制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

投写画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、

スクリーン面上に前記投写画面を投写する投写部と、

前記投写画面の領域を撮像する第1カメラ及び第2カメラを含む複数台のカメラと、

前記複数台のカメラによって撮像された前記指示体を含む複数の画像に基づいて、前記投写画面に対する前記指示体の三次元位置を検出する位置検出部と、

前記投写部によって前記投写画面の位置を検出するための特定の画像が投写されているときに、前記カメラによって撮像された前記特定の画像を含んだ撮像画像に基づいて、前記投写画面の三次元形状を表す曲面関数を算出する関数算出部と、

前記位置検出部が検出した前記指示体の三次元位置と、前記関数算出部によって算出された前記曲面関数とを用いて、前記指示体の前記投写画面への接触を検出する接触検出部と、を備え、

前記関数算出部は、前記特定の画像を含んだ前記撮像画像に基づいて、前記投写画面上の互いに異なる複数の基準点の三次元位置を検出し、前記複数の基準点の三次元位置に基づいて前記曲面関数を算出する、インタラクティブプロジェクター。

【請求項2】

請求項1に記載のインタラクティブプロジェクターであって、

前記関数算出部は、前記曲面関数を式(1)で表される関数として算出する、インタラ

クティブプロジェクター。

【数 1】

$$\sum_{j=1}^{N1} a_j X^j + \sum_{j=1}^{N2} b_j Y^j + \sum_{j=1}^{N3} c_j Z^j + d = 0 \quad \dots (1)$$

(ここで、N1、N2、N3は、P N1 + N2 + N3 + 1となるゼロまたは正の整数であり、少なくとも一つは正の整数である。Pは、前記基準点の数である。a_j、b_j、c_j、dは、定数であり、a_j、b_j、c_jの少なくとも一つはゼロではない。)

【請求項 3】

請求項 1 に記載のインタラクティブプロジェクターであって、
前記関数算出部は、前記曲面関数を式 (2) で表される関数として算出する、インタラクティブプロジェクター。

【数 2】

$$\sum_{j=1}^{N1} a_j X^j + \sum_{j=1}^{N2} b_j Y^j + d = Z \quad \dots (2)$$

(ここで、N1、N2は、P N1 + N2 + 1となるゼロまたは正の整数であり、少なくとも一つは正の整数である。Pは、前記基準点の数である。a_j、b_j、dは、定数であり、a_j、b_jの少なくとも一つはゼロではない。)

【請求項 4】

請求項 1 に記載のインタラクティブプロジェクターであって、
前記関数算出部は、前記曲面関数を式 (3) で表される関数として算出する、インタラクティブプロジェクター。

【数 3】

$$\sum_{k=1}^{M1} a_k X^{2k} + \sum_{k=1}^{M2} b_k Y^{2k} + \sum_{k=1}^{M3} c_k Z^{2k} + d = 0 \quad \dots (3)$$

(ここで、M1、M2、M3は、P M1 + M2 + M3 + 1となるゼロまたは正の整数であり、少なくとも一つは正の整数である。Pは、前記基準点の数である。a_k、b_k、c_k、dは、定数であり、a_k、b_k、c_kの少なくとも一つはゼロではない。)

【請求項 5】

請求項 1 に記載のインタラクティブプロジェクターであって、
前記関数算出部は、前記曲面関数を式 (4) で表される関数として算出する、インタラクティブプロジェクター。

【数 4】

$$\sum_{k=1}^{M1} a_k X^{2k} + \sum_{k=1}^{M2} b_k Y^{2k} + d = Z \quad \dots (4)$$

(ここで、M1、M2は、P M1 + M2 + 1となるゼロまたは正の整数であり、少なくとも一つは正の整数である。Pは、前記基準点の数である。a_k、b_k、dは、定数であり、a_k、b_kの少なくとも一つはゼロではない。)

【請求項 6】

請求項 1 から請求項 5 までのいずれか一項に記載のインタラクティブプロジェクターは、さらに、

前記接触検出部が前記指示体の前記投写画面への接触を検出しているときの前記指示体の三次元位置に基づいて、前記ユーザーの指示の内容を判定する制御部を備える、インタラクティブプロジェクター。

【請求項 7】

インタラクティブプロジェクションシステムであって、

10

20

30

40

50

請求項 1 から請求項 6 までのいずれか一項に記載のインタラクティブプロジェクターと

、
前記投写画面が投写されるスクリーン面を有するスクリーン板と、

前記投写画面への接触時と非接触時とで異なる発光パターンで指示体信号光を発光する発光部を備える自発光指示体と、前記発光部を備えない非発光指示体との少なくともいずれか一方を含む指示体と、
を備えるインタラクティブプロジェクションシステム。

【請求項 8】

投写画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制御方法であって、

スクリーン面上に前記投写画面を投写し、

第 1 カメラ及び第 2 カメラを含む複数台のカメラで前記投写画面の領域を撮像し、

前記複数台のカメラによって撮像された前記指示体を含む複数の画像に基づいて、前記投写画面に対する前記指示体の三次元位置を検出し、

前記投写画面の位置を検出するための特定の画像が投写されているときに、前記カメラによって撮像された前記特定の画像を含んだ撮像画像に基づいて、前記投写画面の三次元形状を表す曲面関数を算出し、

検出した前記指示体の三次元位置と、算出された前記曲面関数とを用いて、前記指示体の前記投写画面への接触を検出し、

前記曲面関数を算出する際に、前記特定の画像を含んだ前記撮像画像に基づいて、前記投写画面上の互いに異なる複数の基準点の三次元位置を検出し、前記複数の基準点の三次元位置に基づいて前記曲面関数を算出する、インタラクティブプロジェクターの制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、投写画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、そのシステム、及び、そのプロジェクターの制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1, 2 には、投写画面をスクリーンに投写するとともに、指や発光するペンなどの対象物 (object) を含む画像をカメラで撮像し、この撮像画像を用いて対象物の位置を検出することが可能な投写型表示装置 (プロジェクター) が開示されている。指などの対象物は、投写画面に対して指示を行うための指示体として利用される。すなわち、プロジェクターは、対象物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。このように、スクリーン上の投写画面を入力可能ユーザーインターフェースとして利用できるタイプのプロジェクターを、「インタラクティブプロジェクター」と呼ぶ。また、投写画面に対して指示を行うために利用される対象物を「指示体 (pointing element)」と呼ぶ。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2012 - 150636 号公報

【特許文献 2】特表 2008 - 520034 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

典型的なインタラクティブプロジェクターでは、指示体の先端がスクリーンに接しているか否かに応じて、指示体によって指示がなされているか否かを判定する。指示体の接触は、指示体の先端とスクリーンとの間の距離に基づいて検出することができる。しかしながら、複数台のカメラを用いて指示体の先端の三次元位置を検出する構成のインタラクティブプロジェクターにおいて、スクリーンが曲面の場合、指示体とスクリーンとの距離の検出精度が高くなく、指示体の接触の検出精度が十分でなかった。そのため、曲面のスクリーンに対する指示体の接触の検出精度の向上が望まれていた。

【課題を解決するための手段】

【0005】

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。

【0006】

(1) 本発明の一形態によれば、投写画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、スクリーン面上に前記投写画面を投写する投写部と、前記投写画面の領域を撮像する第1カメラ及び第2カメラを含む複数台のカメラと、前記複数台のカメラによって撮像された前記指示体を含む複数の画像に基づいて、前記投写画面に対する前記指示体の三次元位置を検出する位置検出部と、前記投写部によって前記投写画面の位置を検出するための特定の画像が投写されているときに、前記カメラによって撮像された前記特定の画像を含んだ撮像画像に基づいて、前記投写画面の三次元形状を表す曲面関数を算出する関数算出部と、前記位置検出部が検出した前記指示体の三次元位置と、前記関数算出部によって算出された前記曲面関数とを用いて、前記指示体の前記投写画面への接触を検出する接触検出部と、を備え、前記関数算出部は、前記特定の画像を含んだ前記撮像画像に基づいて、前記投写画面上の互いに異なる複数の基準点の三次元位置を検出し、前記複数の基準点の三次元位置に基づいて前記曲面関数を算出する。

このインタラクティブプロジェクターでは、投写画面上の複数の三次元位置に基づいて投写画面の三次元形状を表す曲面関数を算出する。指示体の投写画面への接触の検出は、指示体の三次元位置と、投写画面の曲面関数を用いて算出されるので、曲面のスクリーンに対する指示体の接触の検出精度を向上させることができる。

【0007】

(2) 上記インタラクティブプロジェクターにおいて、前記関数算出部は、前記曲面関数を式(1)で表される関数として算出してもよい。

【数1】

$$\sum_{j=1}^{N1} a_j X^j + \sum_{j=1}^{N2} b_j Y^j + \sum_{j=1}^{N3} c_j Z^j + d = 0 \quad \dots (1)$$

(ここで、N1、N2、N3は、 $P = N1 + N2 + N3 + 1$ となるゼロまたは正の整数であり、少なくとも一つは正の整数である。Pは、前記基準点の数である。 a_j 、 b_j 、 c_j 、 d は、定数であり、 a_j 、 b_j 、 c_j の少なくとも一つはゼロではない。)

この構成によれば、投写画面上の基準点の三次元位置に基づいて、容易に投写画面の三次元形状を曲面関数として算出することができる。

【0008】

(3) 上記インタラクティブプロジェクターにおいて、前記関数算出部は、前記曲面関数を式(2)で表される関数として算出してもよい。

【数2】

$$\sum_{j=1}^{N1} a_j X^j + \sum_{j=1}^{N2} b_j Y^j + d = Z \quad \dots (2)$$

(ここで、N1、N2は、 $P = N1 + N2 + 1$ となるゼロまたは正の整数であり、少

10

20

30

40

50

なくとも一つは正の整数である。Pは、前記基準点の数である。a_j、b_j、dは、定数であり、a_j、b_jの少なくとも一つはゼロではない。))

この構成によれば、同様に、投写画面上の基準点の三次元位置に基づいて、容易に投写画面の三次元形状を曲面関数として算出することができる。

【0009】

(4) 上記インタラクティブプロジェクターにおいて、前記関数算出部は、前記曲面関数を式(3)で表される関数として算出してもよい。

【数3】

$$\sum_{k=1}^{M1} a_k X^{2k} + \sum_{k=1}^{M2} b_k Y^{2k} + \sum_{k=1}^{M3} c_k Z^{2k} + d = 0 \quad \dots (3) \quad 10$$

(ここで、M1、M2、M3は、P = M1 + M2 + M3 + 1となるゼロまたは正の整数であり、少なくとも一つは正の整数である。Pは、前記基準点の数である。a_k、b_k、c_k、dは、定数であり、a_k、b_k、c_kの少なくとも一つはゼロではない。)

この構成によれば、投写画面上の基準点の三次元位置に基づいて、より高速に投写画面の三次元形状を曲面関数として算出することができる。

【0010】

(5) 上記インタラクティブプロジェクターにおいて、前記関数算出部は、前記曲面関数を式(4)で表される関数として算出してもよい。

【数4】

$$\sum_{k=1}^{M1} a_k X^{2k} + \sum_{k=1}^{M2} b_k Y^{2k} + d = Z \quad \dots (4) \quad 20$$

(ここで、M1、M2は、P = M1 + M2 + 1となるゼロまたは正の整数であり、少なくとも一つは正の整数である。Pは、前記基準点の数である。a_k、b_k、dは、定数であり、a_k、b_kの少なくとも一つはゼロではない。)

この構成によれば、同様に、投写画面上の基準点の三次元位置に基づいて、より高速に投写画面の三次元形状を曲面関数として算出することができる。

【0011】

(6) 上記インタラクティブプロジェクターは、さらに、前記接触検出部が前記指示体の前記投写画面への接触を検出しているときの前記指示体の三次元位置に基づいて、前記ユーザーの指示の内容を判定する制御部を備えていてもよい。

この構成によれば、曲面のスクリーンに対する指示体を用いたユーザーの指示の内容を判定する精度を向上させることができる。

【0012】

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、自発光指示体と非発光指示体との少なくともいずれか一方を含む指示体とスクリーンとインタラクティブプロジェクターを備えるシステム、インタラクティブプロジェクターの制御方法又は制御装置、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。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】インタラクティブプロジェクションシステムの斜視図である。

【図2】インタラクティブプロジェクションシステムの側面図および正面図である。

【図3】プロジェクターと自発光指示体の内部構成を示すブロック図である。

【図4】自発光指示体と非発光指示体を利用した操作の様子を示す説明図である。

【図5】測定用パターン画像が表示された投写画面を例示した図である。

【図6】曲面形状のスクリーンに測定用パターン画像が投写された第1の図である。

【図7】曲面形状のスクリーンに測定用パターン画像が投写された第2の図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

A1. システムの概要

図1は、本発明の一実施形態における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、スクリーン板920と、自発光指示体70とを有している。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。

10

【0015】

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」(又は「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。

20

【0016】

自発光指示体70は、発光可能な先端部71と、ユーザーが保持する軸部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。以下、自発光指示体70と非発光指示体80とを区別しない場合は、単に、指示体780とも呼ぶ。

【0017】

図2(A)は、インタラクティブプロジェクションシステム900の側面図であり、図2(B)はその正面図である。本明細書では、スクリーン面SSの左右に沿った方向をX方向と定義し、スクリーン面SSの上下に沿った方向をY方向と定義し、スクリーン面SSの法線に沿った方向をZ方向と定義している。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2(A)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。

30

【0018】

プロジェクター100は、投写画面PSをスクリーン面SS上に投写する投写レンズ210と、投写画面PSの領域を撮像する第1カメラ310及び第2カメラ320と、指示体780に検出光を照明するための検出光照射部410とを有している。検出光としては、例えば近赤外光が使用される。2台のカメラ310, 320は、検出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。2台のカメラ310, 320のうちの少なくとも一方は、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。例えば、2台のカメラ310, 320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。2台のカメラ310, 320は、左右方向(X方向)の位置が同じで、前後方向(Z方向)に所定の距離を空けて並んで配置されている。2台のカメラ310, 320は、本実施形態に限定されない。例えば、前後方向(Z方向)の位置が同じで、左右方向(X方向)に所定の距離を空けて並んで配置されてもよい。また、X, Y, Z全ての方向において位置が異なってもよい。

40

50

2台のカメラをZ方向の位置を変えて（前後方向にずらして）配置すると、三角測量による三次元位置の算出におけるZ座標の精度が高いため、好ましい。

【0019】

図2(B)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。スクリーン面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にタッチすることによって、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(B)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をスクリーン面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。

10

【0020】

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（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。

20

【0021】

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、接触検出部800と、撮像部300と、検出光照射部410と、信号光送信部430とを有している。

30

【0022】

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780の三次元位置、および接触検出部800による指示体780の接触検出に基づいて、指示体780によって投写画面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。

【0023】

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510を有しており、投写部200によってスクリーン面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(B)）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。

40

【0024】

投写部200は、投写画像生成部500で生成された投写画像をスクリーン面SS上に投写する機能を有する。投写部200は、図2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によってスクリーン面SS上に投写される。なお、光源230としては、超高圧水銀ランプ等の光源ランプの他、発光ダイオードやレー

50

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、色光別に複数の変調部 220 を備えた構成としてもよい。

【0025】

検出光照射部 410 は、指示体 780 の先端部を検出するための照射検出光 I D L をスクリーン面 S S とその前方の空間にわたって照射する。照射検出光 I D L としては、例えば近赤外光が使用される。検出光照射部 410 は、カメラ 310、320 の撮像タイミングを含む所定の期間にのみ点灯し、他の期間では消灯する。あるいは、検出光照射部 410 は、システム 900 の動作中は常に点灯状態に維持されるようにしてもよい。

【0026】

信号光送信部 430 は、同期用の近赤外光信号である装置信号光 A S L を送信する機能を有する。装置信号光 A S L は、同期用の近赤外光信号であり、プロジェクター 100 が起動されると、信号光送信部 430 が自発光指示体 70 に対して定期的に発する。自発光指示体 70 の先端発光部 77 は、装置信号光 A S L 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 P S L（後述する）を発する。また、撮像部 300 のカメラ 310、320 は、指示体 780 の位置検出を行う際に、装置信号光 A S L に同期した所定のタイミングで撮像を実行する。

【0027】

撮像部 300 は、図 2 で説明した第 1 カメラ 310 と第 2 カメラ 320 とを有している。前述したように、2 台のカメラ 310、320 は、検出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、検出光照射部 410 によって照射された照射検出光 I D L が指示体 780 で反射され、その反射検出光 R D L が 2 台のカメラ 310、320 によって受光されて撮像される様子が描かれている。2 台のカメラ 310、320 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 P S L も受光して撮像する。2 台のカメラ 310、320 の撮像は、検出光照射部 410 から発せられる照射検出光 I D L がオン状態（発光状態）である第 1 の期間と、照射検出光 I D L 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できる。

【0028】

なお、2 台のカメラ 310、320 の少なくとも一方は、近赤外光を含む光を用いて撮像する機能に加えて、可視光を含む光を用いて撮像する機能を有する。こうすれば、スクリーン面 S S 上に投写された投写画面 P S をそのカメラで撮像し、その画像を利用して後述するように、関数算出部 820 が投写画面 P S の三次元の曲面関数を算出することができる。また、投写画像生成部 500 がキーストーン補正を実行することができる。1 台以上のカメラを利用したキーストーン補正の方法は周知なので、ここではその説明は省略する。

【0029】

位置検出部 600 は、2 台のカメラ 310、320 で撮像された画像（以下、「撮像画像」とも呼ぶ。）を分析して、2 台のカメラの視差を利用した三角測量の原理によって指示体 780（自発光指示体 70 や非発光指示体 80）の先端部の三次元位置座標を算出する機能を有する。この際、位置検出部 600 は、上述の第 1 の期間と第 2 の期間における撮像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 780 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（後述する）。位置検出部 600 が検出する三次元座標の座標系は、カメラ 310、320 のうち、可視光を含む光を用いて撮像する機能を有するカメラの座標系（カメラ座標系）であることが好ましい。また、座標系の原点は、後述する関数算出部 820 が、プロジェクター 100 の起動時にスクリーン面 S S 上に設定した原点を利用することが好ましい。

【0030】

10

20

30

40

50

接触検出部 800 は、指示体 780（自発光指示体 70 や非発光指示体 80）の投写画面 P S（スクリーン面 S S）への接触を検出する。本実施形態の接触検出部 800 は、自発光指示体 70 の投写画面 P S への接触の検出を、自発光指示体 70 が発する指示体信号光 P S L の発光パターンに基づいて実行し、非発光指示体 80 の投写画面 P S への接触の検出を、位置検出部 600 によって検出された三次元位置座標に基づいて実行する。但し、接触検出部 800 は、自発光指示体 70 の投写画面 P S への接触の検出を、非発光指示体 80 の投写画面 P S への接触の検出方法と同様の方法によって実行してもよい。

【0031】

本実施形態の接触検出部 800 は、投写画面 P S（スクリーン面 S S）の三次元形状を表す曲面関数を算出する関数算出部 820 を含んでいる。接触検出部 800 は、非発光指示体 80 の投写画面 P S への接触の検出を、位置検出部 600 によって検出された非発光指示体 80 の三次元位置座標と、関数算出部 820 によって算出された投写画面 P S の曲面関数とに基づいて実行する。具体的には、接触検出部 800 は、非発光指示体 80 の三次元位置座標と、投写画面 P S の曲面関数から、非発光指示体 80 と投写画面 P S との間の距離の算出し、これらの間の距離がゼロまたはゼロに近い誤差許容値以下になったときに、非発光指示体 80 が投写画面 P S に接触していると判定する。接触検出部 800 による非発光指示体 80 の接触の検出方法、および、関数算出部 820 による曲面関数の算出方法については、後に詳述する。

【0032】

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 A S L 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 がスクリーン面 S S 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 P S L 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 P S L 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、2 台のカメラ 310, 320 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。また、接触検出部 800 は位置検出部 600 の分析結果に基づいて、自発光指示体 70 の投写画面 P S への接触を検出可能である。

【0033】

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。

【0034】

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

10

20

30

40

50

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。

【0035】

図 4 は、自発光指示体 70 と非発光指示体 80 を利用した操作の様子を示す説明図である。この例では、自発光指示体 70 の先端部 71 と非発光指示体 80 の先端部 81 はいずれもスクリーン面 SS から離れている。自発光指示体 70 の先端部 71 の XY 座標 (X_{71}, Y_{71}) は、ツールボックス TB の消しゴムボタン ERB の上にある。また、ここでは、自発光指示体 70 の先端部 71 の機能を表すツールとしてマウスポインター PT が選択されており、マウスポインター PT の先端 OP₇₁ が消しゴムボタン ERB 上に存在するように、マウスポインター PT が投写画面 PS に描画されている。前述したように、自発光指示体 70 の先端部 71 の三次元位置は、2 台のカメラ 310, 320 で撮像された画像を用いた三角測量で決定される。従って、投写画面 PS 上において、三角測量で決定された先端部 71 の三次元位置座標 (X_{71}, Y_{71}, Z_{71}) のうちの XY 座標 (X_{71}, Y_{71}) の位置にマウスポインター PT の先端にある操作ポイント OP₇₁ が配置されようようにマウスポインター PT が描画される。すなわち、マウスポインター PT の先端 OP₇₁ は、自発光指示体 70 の先端部 71 の三次元位置座標 (X_{71}, Y_{71}, Z_{71}) のうちの XY 座標 (X_{71}, Y_{71}) に配置され、この位置においてユーザーの指示が行われる。例えば、ユーザーは、この状態で自発光指示体 70 の先端部 71 を投写画面 PS 上に接触させて、消しゴムツールを選択することが可能である。また、ユーザーは、この状態で自発光指示体 70 のボタンスイッチ 73 を押すことによって、消しゴムツールを選択することも可能である。このように、本実施形態では、自発光指示体 70 がスクリーン面 SS から離間した状態にある場合にも、ボタンスイッチ 73 を押すことによって、先端部 71 の XY 座標 (X_{71}, Y_{71}) に配置される操作ポイント OP₇₁ における投写画面 PS の内容に応じた指示をプロジェクター 100 に与えることが可能である。

【0036】

図 4 (B) では、また、非発光指示体 80 の先端部 81 の機能を表すツールとしてペンツール PE が選択されており、ペンツール PE が投写画面 PS に描画されている。前述したように、非発光指示体 80 の先端部 81 の三次元位置も、2 台のカメラ 310, 320 で撮像された画像を用いた三角測量で決定される。従って、投写画面 PS 上において、三角測量で決定された先端部 81 の三次元位置座標 (X_{81}, Y_{81}, Z_{81}) のうちの XY 座標 (X_{81}, Y_{81}) の位置にペンツール PE の先端にある操作ポイント OP₈₁ が配置されようようにペンツール PE が描画される。但し、非発光指示体 80 を利用してユーザーが指示をプロジェクター 100 に与える際には、非発光指示体 80 の先端部 81 を投写画面 PS 上に接触させた状態でその指示 (描画やツールの選択など) が行なわれる。

【0037】

図 4 の例では、指示体 780 (自発光指示体 70 や非発光指示体 80) の先端部が投写画面 PS から離れている場合にも、個々の指示体によって選択されたツール (マウスポインター PT やペンツール PE) が投写画面 PS に描画されて表示される。従って、ユーザーが指示体の先端部を投写画面 PS に接触していない場合にも、その指示体によってどのツールが選択されているのかを理解し易く、操作が容易であるという利点がある。また、ツールの操作ポイント OP が指示体の先端部の三次元位置座標のうちの XY 座標の位置に配置されるようにそのツールが描画されるので、ユーザーが、利用中のツールの位置を適切に認識できるという利点がある。

【0038】

なお、このインタラクティブプロジェクションシステム 900 は、複数の自発光指示体 70 を同時に利用可能に構成されている。この場合には、上述した指示体信号光 PSL の発光パターンは、複数の自発光指示体 70 を識別できる固有の発光パターンであることが好ましい。より具体的に言えば、N 個 (N は 2 以上の整数) の自発光指示体 70 を同時に

10

20

30

40

50

利用可能な場合には、指示体信号光 P S L の発光パターンは、N 個の自発光指示体 7 0 を区別できるものであることが好ましい。なお、1 組の発光パターンに複数回の単位発光期間が含まれている場合に、1 回の単位発光期間では、発光と非発光の 2 値を表現することができる。ここで、1 回の単位発光期間は、自発光指示体 7 0 の先端発光部 7 7 が、オン/オフの 1 ビットの情報を表現する期間に相当する。1 組の発光パターンが M 個 (M は 2 以上の整数) の単位発光期間で構成される場合には、1 組の発光パターンによって $2^M - 1$ 個の状態を区別できる。従って、1 組の発光パターンを構成する単位発光期間の数 M は、次式 (5) を満足するように設定されることが好ましい。

【数 5】

$$N \times Q \leq 2^M \quad \dots (5)$$

10

ここで、Q は自発光指示体 7 0 のスイッチ 7 3 , 7 6 で区別される状態の数であり、本実施形態の例では $Q = 2$ 又は $Q = 4$ である。例えば、 $Q = 4$ の場合には、 $N = 2$ のときには M を 3 以上の整数に設定し、 $N = 3 \sim 4$ のときには M を 4 以上の整数に設定することが好ましい。このとき、位置検出部 6 0 0 (又は制御部 7 0 0) が N 個の自発光指示体 7 0 、及び、各自発光指示体 7 0 のスイッチ 7 3 , 7 6 の状態を識別する際には、1 組の発光パターンの M 個の単位発光期間において各カメラ 3 1 0 , 3 2 0 でそれぞれ撮像された M 枚の画像を用いてその識別を実行する。なお、この M ビットの発光パターンは、照射検出光 I D L をオフの状態に維持した状態で指示体信号光 P S L をオン又はオフに設定したパターンであり、カメラ 3 1 0 , 3 2 0 で撮像される画像には非発光指示体 8 0 が写らない。そこで、非発光指示体 8 0 の位置を検出するために用いる画像を撮像するために、照射検出光 I D L をオン状態とした 1 ビットの単位発光期間を更に追加することが好ましい。但し、位置検出用の単位発光期間では、指示体信号光 P S L はオン/オフのいずれでも良い。この位置検出用の単位発光期間で得られた画像は、自発光指示体 7 0 の位置検出にも利用することが可能である。

20

【 0 0 3 9 】

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 I M L : スクリーン面 S S に投写画面 P S を投写するために、投写レンズ 2 1 0 によってスクリーン面 S S 上に投写される画像光 (可視光) である。

(2) 照射検出光 I D L : 指示体 7 8 0 (自発光指示体 7 0 及び非発光指示体 8 0) の先端部を検出するために、検出光照射部 4 1 0 によってスクリーン面 S S とその前方の空間にわたって照射される近赤外光である。

30

(3) 反射検出光 R D L : 照射検出光 I D L として照射された近赤外光のうち、指示体 7 8 0 (自発光指示体 7 0 及び非発光指示体 8 0) によって反射され、2 台のカメラ 3 1 0 , 3 2 0 によって受光される近赤外光である。

(4) 装置信号光 A S L : プロジェクター 1 0 0 と自発光指示体 7 0 との同期をとるために、プロジェクター 1 0 0 の信号光送信部 4 3 0 から定期的に発せられる近赤外光である。

(5) 指示体信号光 P S L : 装置信号光 A S L に同期したタイミングで、自発光指示体 7 0 の先端発光部 7 7 から発せられる近赤外光である。指示体信号光 P S L の発光パターンは、自発光指示体 7 0 のスイッチ 7 3 , 7 6 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 7 0 を識別する固有の発光パターンを有する。

40

【 0 0 4 0 】

本実施形態において、自発光指示体 7 0 と非発光指示体 8 0 の先端部の位置検出、及び、自発光指示体 7 0 と非発光指示体 8 0 により指示される内容の判別は、それぞれ以下のように実行される。

【 0 0 4 1 】

A 2 . 自発光指示体 7 0 の位置検出方法及び指示内容の判別方法の概要

自発光指示体 7 0 の先端部 7 1 の三次元位置座標 (X_{71} , Y_{71} , Z_{71}) は、位置検出部 6 0 0 が、2 台のカメラ 3 1 0 , 3 2 0 により撮像された画像を用いて三角測量に

50

従って決定する。この際、自発光指示体 70 であるか否かは、所定の複数のタイミングで撮像された画像に先端発光部 77 の発光パターンが現れているか否かを判断することによって認識可能である。また、自発光指示体 70 の先端部 71 がスクリーン面 SS に接触しているか否か（すなわち先端スイッチ 76 がオンか否か）についても、上記複数のタイミングで撮像された画像における先端発光部 77 の発光パターンを用いて判別可能である。位置検出部 600 および接触検出部 800 によって、自発光指示体 70 の先端部 71 の三次元位置の検出と、先端部 71 のスクリーン面 SS への接触を検出することができる。制御部 700 は、位置検出部 600 および接触検出部 800 の検出結果に基づいて、自発光指示体 70 による指示内容を判別して、指示内容に応じた画像を投写画像生成部 500 に生成させて、投写部 200 によってスクリーン面 SS 上に指示内容に応じた画像を投写させる。例えば、図 4 (B) に例示したように、先端部 71 の XY 座標 (X_{71} , Y_{71}) の位置がツールボックス TB 内のいずれかのボタンの上にある状態で先端スイッチ 76 がオンになった場合には、そのボタンのツールが選択される。また、図 2 (B) に例示したように、先端部 71 の XY 座標 (X_{71} , Y_{71}) が投写画面 PS 内のツールボックス TB 以外の位置にある状態で先端スイッチ 76 がオンになった場合には、選択されたツールによる処理（例えば描画）が選択される。制御部 700 は、自発光指示体 70 の先端部 71 の XY 座標 (X_{71} , Y_{71}) を利用し、予め選択されているポインターやマークが投写画面 PS 内の位置 (X_{71} , Y_{71}) に配置されるように、そのポインターやマークを投写画像生成部 500 に描画させる。また、制御部 700 は、自発光指示体 70 によって指示された内容に従った処理を実行して、投写画像生成部 500 にその処理結果を含む画像を描画させる。

【0042】

A3 . 非発光指示体 80 の位置検出方法及び指示内容の判別方法の概要

非発光指示体 80 の先端部 81 の三次元位置座標 (X_{81} , Y_{81} , Z_{81}) も、2 台のカメラ 310, 320 により撮像された画像を用いて、三角測量に従って決定される。この際、非発光指示体 80 であるか否かは、所定の複数のタイミングで撮像された画像に自発光指示体 70 の発光パターンが現れているか否かを判断することによって認識可能である。なお、2 台のカメラ 310, 320 により撮像された 2 枚の画像における非発光指示体 80 の先端部 81 の位置は、テンプレートマッチングや特徴抽出等の周知の技術を利用して決定することができる。例えば、テンプレートマッチングによって指である非発光指示体 80 の先端部 81 を認識する場合には、指に関する複数のテンプレートを予め準備しておき、2 台のカメラ 310, 320 により撮像された画像において、これらのテンプレートに適合する部分を検索することによって指の先端部 81 を認識することが可能である。接触検出部 800 は、非発光指示体 80 の先端部 81 がスクリーン面 SS に接しているか否かについて、位置検出部 600 が三角測量で決定した先端部 81 の Z 座標値と、投写画面 PS の曲面関数から算出されるスクリーン面 SS の Z 座標値との差が微小な許容差以下か否か、すなわち、先端部 81 がスクリーン面 SS の表面に十分に近いか否かに応じて判定する。この許容差としては、例えば、2 mm ~ 6 mm 程度の小さな値を使用することが好ましい。制御部 700 は、接触検出部 800 が非発光指示体 80 の先端部 81 がスクリーン面 SS に接していると判定した場合には、その接触位置における投写スクリーン面 SS の内容に応じてその指示内容を判別する。また、制御部 700 は、位置検出部 600 で検出された非発光指示体 80 の先端の XY 座標 (X_{81} , Y_{81}) を利用し、予め選択されているポインターやマークが投写画面 PS 内の位置 (X_{81} , Y_{81}) に配置されるように、そのポインターやマークを投写画像生成部 500 に描画させてもよい。また、制御部 700 は、非発光指示体 80 によって指示された内容に従った処理を実行して、投写画像生成部 500 にその処理結果を含む画像を描画させてもよい。

【0043】

A4 . 投写画面 PS の曲面関数の算出（その 1）

図 5 は、投写画面 PS の曲面関数の算出に使用される測定用パターン画像 CPM が表示された投写画面 PS を例示した図である。関数算出部 820 は、以下の方法によって投写

10

20

30

40

50

画面 P S の三次元の曲面関数を算出することができる。まず、投写部 2 0 0 は、プロジェクター 1 0 0 の起動時に測定用パターン画像 C P M (キャリブレーションパターン画像) が表された投写画面 P S を投写スクリーン面 S S に投射する。測定用パターン画像 C P M は、複数の基準点 P c を含んだ画像であり、測定用パターン画像データとして図示しない記憶部に予め記憶されている。本実施例では、測定用パターン画像 C P M には、2 5 個の基準点 P c (P c 1 ~ P c 2 5) が縦方向に 5 個、横方向に 5 個となるように並んで配置されている。測定用パターン画像 C P M に含まれる基準点 P c の数 P は、P = 3 であれば、上記の数に限定されない。但し、基準点 P c は、測定用パターン画像 C P M 内で行列状に規則正しく配列されていることが好ましい。また、基準点 P c は、投写画面 P S 上の特定の位置を識別可能な構成であれば、点 (ドット) に限定されず、例えば、2 つの直線の交点や矩形の角部であってもよい。

10

【 0 0 4 4 】

投写スクリーン面 S S に測定用パターン画像 C P M が表示された投写画面 P S が投射されているときに、撮像部 3 0 0 は、第 1 カメラ 3 1 0 および第 2 カメラ 3 2 0 のうち、第 2 の撮像機能 (可視光を含む光を受光して撮像する機能) を有するカメラによって、測定用パターン画像 C P M が表示された投写画面 P S を含む領域を撮影する。これにより測定用パターン画像 C P M を含んだ撮像画像 C I が得られる。関数算出部 8 2 0 は、得られた撮像画像 C I を解析して、撮像画像 C I における各基準点 P c の位置を検出し、検出された位置から各基準点 P c の三次元位置座標を検出する。関数算出部 8 2 0 が検出する三次元座標の座標系は、位置検出部 6 0 0 が指示体 7 8 0 の三次元位置座標を検出するときのカメラ座標系と同じであることが好ましい。基準点 P c の三次元位置座標の検出は、投写部 2 0 0 と撮像部 3 0 0 (撮影したカメラ) との視差を利用し、三角測量の原理により検出する能動型のアクティブステレオ法を用いてもよい。なお、基準点 P c の三次元位置座標の検出には、アクティブステレオ法以外の方法 (例えば、2 つのカメラを用いた受動型のステレオ法) を用いてもよい。これにより、各基準点 P c 1 ~ P c 2 5 の三次元位置座標 P c 1 (X c 1 , Y c 1 , Z c 1)、P c 2 (X c 2 , Y c 2 , Z c 2)、P c 3 (X c 3 , Y c 3 , Z c 3)、・・・、P c 2 5 (X c 2 5 , Y c 2 5 , Z c 2 5) を得ることができる。なお、関数算出部 8 2 0 は、基準点 P c 1 ~ P c 2 5 のうちのいずれか一点を座標系の原点として他の基準点 P c の三次元位置座標を算出することが好ましく、基準点 P c 1 ~ P c 2 5 のうち、投写画面 P S の中心に位置する基準点 P c 1 3 を座標系の原点とすることがより好ましい。

20

30

【 0 0 4 5 】

関数算出部 8 2 0 は、検出した各基準点 P c の三次元位置座標に基づき、投写画面 P S の近似曲面を表す曲面関数を算出する。本実施形態の関数算出部 8 2 0 は、下記の式 (1) をフィッティング関数として算出することが好ましい。

【 数 1 】

$$\sum_{j=1}^{N1} a_j X^j + \sum_{j=1}^{N2} b_j Y^j + \sum_{j=1}^{N3} c_j Z^j + d = 0 \quad \cdots (1)$$

40

ここで、N 1、N 2、N 3 は P = N 1 + N 2 + N 3 + 1 を満たすゼロまたは正の整数であり、少なくとも一つは正の整数である。P は基準点 P c の数である。a j、b j、c j、d は定数であり、a j、b j、c j の少なくとも一つはゼロではない。本実施形態によれば、投写画面 P S の三次元形状が N 1 次の X と N 2 次の Y と N 3 次の Z を含んだ曲面関数に近似される。なお、N 1、N 2、N 3 を P = N 1 + N 2 + N 3 + 1 とすることによって、基準点 P c の数 P を式 (1) に含まれる未知数の数 (N 1 + N 2 + N 3 + 1) 以上にすることができ、これらの未知数の値 (近似解を含む) を算出することができる。また、上記式 (1) から明らかのように、投写画面 P S の三次元の曲面関数とは、三次元の平面関数を含んでいる (例えば、N 1、N 2、N 3 がすべて 1 のとき)。関数算出部 8 2 0 は、投写部 2 0 0 が投射する測定用パターン画像 C P M の種類が複数存在する場合には、

50

それぞれの測定用パターン画像 CPM に含まれる基準点 P c の数 P に応じて N 1、N 2、N 3 を設定してもよい。

【 0 0 4 6 】

ここでは、測定用パターン画像 CPM に含まれる基準点 P c の数 P を 2 5、式 (1) の N 1、N 2、N 3 をすべて 4 とした場合の一例について説明する。式 (1) と、2 5 箇所の基準点 P c 1 ~ P c 2 5 の三次元位置座標から、以下の式 (6) のように 2 5 の連立方程式が成り立つ。未知数の数は、a 1 ~ a 4、b 1 ~ b 4、c 1 ~ c 4、d の 1 3 であるため、式 (6) は過剰条件の連立方程式となる。この場合には、例えば、最小二乗法によって近似解を算出することができる。最小二乗法による近似解の算出方法は周知なので、ここではその説明を省略する。上記の未知数の値の算出によって、投写画面 P S の曲面関数を算出できる。

10

【数 6】

$$\left(\begin{array}{c} \sum_{j=1}^4 (a_j X_{c1}^j + b_j Y_{c1}^j + c_j Z_{c1}^j) + d = 0 \\ \vdots \\ \sum_{j=1}^4 (a_j X_{c25}^j + b_j Y_{c25}^j + c_j Z_{c25}^j) + d = 0 \end{array} \right) \cdot \cdot \cdot (6)$$

【 0 0 4 7 】

20

A 5 . 投写画面 P S と非発光指示体 8 0 との接触の検出

接触検出部 8 0 0 は、位置検出部 6 0 0 によって算出される非発光指示体 8 0 の先端部 8 1 の三次元位置座標 (X 8 1 , Y 8 1 , Z 8 1) のうちの X Y 座標 (X 8 1 , Y 8 1) を関数算出部 8 2 0 が算出した投写画面 P S の曲面関数に代入することによって、非発光指示体 8 0 の先端部 8 1 を Z 方向に投射したときのスクリーン面 S S 上の Z 座標を算出することができる。そして、非発光指示体 8 0 の先端部 8 1 の Z 座標と、スクリーン面 S S 上の Z 座標との差分を非発光指示体 8 0 と投写スクリーン面 S S との間の距離とすることができる。そして、この距離が許容差以下となったときに、非発光指示体 8 0 の投写スクリーン面 S S への接触を検出することができる。

【 0 0 4 8 】

30

図 6 および図 7 は、曲面形状のスクリーンに測定用パターン画像 CPM が投写された例を示した図である。図 6 のスクリーン面 S S 1 は、左右方向が内側に湾曲した面によって形成されており、図 7 のスクリーン面 S S 2 は、上下方向が内側に湾曲した面によって形成されている。本実施形態によれば、関数算出部 8 2 0 は、投写画面 P S の三次元形状を式 (1) のような曲面関数に近似させるため、スクリーン面が曲面であっても、投写画面 P S の三次元形状を表す関数と実際のスクリーン面の形状との誤差を低減させることができる。これにより非発光指示体 8 0 の投写スクリーン面 S S への接触を検出する精度の向上を図ることができる。

【 0 0 4 9 】

B . 投写画面 P S の曲面関数の算出 (その 2)

40

関数算出部 8 2 0 は、検出された各基準点 P c の三次元位置座標に基づき、各基準点 P c 1 ~ P c 2 5 の三次元位置座標 P c 1 (X c 1 , Y c 1 , Z c 1)、P c 2 (X c 2 , Y c 2 , Z c 2)、P c 3 (X c 3 , Y c 3 , Z c 3)、・ ・ ・、P c 2 5 (X c 2 5 , Y c 2 5 , Z c 2 5) のそれぞれの Z 座標がすべて Z = 0 となる座標系にマッピングするマッピング関数を算出してもよい。そして、位置検出部 6 0 0 によって検出される非発光指示体 8 0 の先端部 8 1 の三次元位置座標をマッピング関数で変換することによって、変換後の三次元位置座標のうちの Z 座標を先端部 8 1 と投写スクリーン面 S S との間の距離としてもよい。すなわち、接触検出部 8 0 0 は、変換後の非発光指示体 8 0 の先端部 8 1 の Z 座標が許容値以下の場合に、非発光指示体 8 0 が投写スクリーン面 S S と接触したと判定してもよい。

50

【 0 0 5 0 】

また、例えば、関数算出部 8 2 0 は、下記の式 (2) をフィッティング関数として、投写画面 P S の近似曲面を表す曲面関数を算出してもよい。

【数 2】

$$\sum_{j=1}^{N1} a_j X^j + \sum_{j=1}^{N2} b_j Y^j + d = Z \quad \dots (2)$$

ここで、N 1、N 2 は P N 1 + N 2 + 1 を満たすゼロまたは正の整数であり、少なくとも一つは正の整数である。a_j、b_j、d は定数であり、a_j、b_j の少なくとも一つはゼロではない。この場合、非発光指示体 8 0 の先端部 8 1 の三次元位置座標 (X_{8 1}, Y_{8 1}, Z_{8 1}) に対して、三次元位置座標 (X_{8 1}, Y_{8 1}, Z_{8 1} - Z_c) は、マッピング関数で変換した変換後の非発光指示体 8 0 の先端部 8 1 の三次元位置座標に相当する。この変換後の Z 座標 (Z_{8 1} - Z_c) は、非発光指示体 8 0 の先端部 8 1 と投写画面 P S (投写スクリーン面 S S) との距離に該当し、Z 座標 (Z_{8 1} - Z_c) がゼロに近い所定値以下のときに非発光指示体 8 0 の先端部 8 1 の投写画面 P S への接触を検出してもよい。この構成によれば、式 (2) の Z 座標の項は係数が 1 の 1 次項を含むだけなので、未知数の数 (N 1 + N 2 + 1) を式 (1) の未知数の数 (N 1 + N 2 + N 3 + 1) よりも少なくすることができる。これにより、曲面関数の算出に要する時間の短縮や、算出に要する処理負担の軽減を図ることができる。

【 0 0 5 1 】

C . 投写画面 P S の曲面関数の算出 (その 3)

関数算出部 8 2 0 は、上記の式 (1) のほかに、下記の式 (3) をフィッティング関数としてもよい。

【数 3】

$$\sum_{k=1}^{M1} a_k X^{2k} + \sum_{k=1}^{M2} b_k Y^{2k} + \sum_{k=1}^{M3} c_k Z^{2k} + d = 0 \quad \dots (3)$$

ここで、M 1、M 2、M 3 は P M 1 + M 2 + M 3 + 1 を満たすゼロまたは正の整数であり、少なくとも一つは正の整数である。a_k、b_k、c_k、d は定数であり、a_k、b_k、c_k の少なくとも一つはゼロではない。この構成によれば、投写画面 P S の三次元形状は次数が偶数の項のみの曲面関数に近似される。式 (3) は、式 (1) と比較して、次数が奇数の項を含んでいないため、次数が同じ関数において、未知数の数を少なくすることができる。これにより、曲面関数の算出に要する時間の短縮や、処理負担の軽減を図ることができる。また、同じ処理量で式 (1) より次数の高い曲面関数にフィットさせることができるため、関数をより実際のスクリーン面 S S の形状に近似させることができる。実際のスクリーン面として、図 6 または図 7 に示したように、スクリーン面の両側面が内側に湾曲したものの、および、スクリーン面上部と下部が内側に湾曲したものが用いられる場合がある。これは、スクリーン面への映り込みを抑制し、スクリーン面の両側面付近や上下端部付近の画像をより見やすくするためである。このようなスクリーン面の曲面関数としては、上記式 (3) のような偶数次の項のみを含む関数を使用することが好ましい。このとき、座標系の原点は、投写画面 P S の中心に設定することが好ましい。

【 0 0 5 2 】

D . 投写画面 P S の曲面関数の算出 (その 4)

また、式 (1) と式 (2) との関係と同様に、関数算出部 8 2 0 は、式 (4) をフィッティング関数として、投写画面 P S の曲面関数を算出してもよい。

【数 4】

$$\sum_{k=1}^{M1} a_k X^{2k} + \sum_{k=1}^{M2} b_k Y^{2k} + d = Z \quad \dots (4)$$

ここで、M 1、M 2 は P M 1 + M 2 + 1 を満たすゼロまたは正の整数であり、少なく

10

20

30

40

50

とも一つは正の整数である。 a_k 、 b_k 、 d は定数であり、 a_k 、 b_k の少なくとも一つはゼロではない。この構成によれば、式(4)は、式(1)と比較して、 Z 座標の項に係数がなく、また、次数が奇数の項を含んでいないため、未知数の数を少なくすることができる。これにより、曲面関数の算出に要する時間の短縮や、処理負担の軽減を図ることができる。

【0053】

E. 変形例

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。

【0054】

・変形例1

上記実施形態では、撮像部300が2台のカメラ310、320を有しているものとしたが、撮像部300は3台以上のカメラを有していてもよい。後者の場合には、 m 台(m は3以上の整数)のカメラで撮像された m 個の画像に基づいて、三次元位置座標(X 、 Y 、 Z)が決定される。例えば、 m 個の画像から2個の画像を任意に選択して得られる ${}_m C_2$ 個の組み合わせを用いてそれぞれ三次元位置座標を求め、それらの平均値を用いて最終的な三次元位置座標を決定しても良い。こうすれば、三次元位置座標の検出精度を更に高めることが可能である。

【0055】

・変形例2

上記実施形態では、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とPCインタラクティブモードとで動作可能であるものとしたが、これらのうちの一方のモードのみで動作するようにシステムが構成されていても良い。また、インタラクティブプロジェクションシステム900は、これら2つのモード以外の他のモードのみで動作するように構成されていても良く、更に、これら2つのモードを含む複数のモードで動作可能に構成されていてもよい。

【0056】

・変形例3

上記実施形態では、図3に示した照射検出光IDLと、反射検出光RDLと、装置信号光ASLと、指示体信号光PSLとがすべて近赤外光であるものとしたが、これらのうちの一部又は全部を近赤外光以外の光としてもよい。

【0057】

・変形例4

上記実施形態では、自発光指示体70の接触検出を、自発光指示体70が発する指示体信号光PSLの発光パターンに基づいて行っている。しかし、自発光指示体70の先端部71の三次元位置は、2台のカメラ310、320で撮像された画像を用いた三角測量によって求めることができるので、この三次元位置を用いて自発光指示体70の先端部71の接触検出を実行することも可能である。

【0058】

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】

【0059】

- 70 ... 自発光指示体
- 71 ... 先端部
- 72 ... 軸部
- 73 ... ボタンスイッチ

10

20

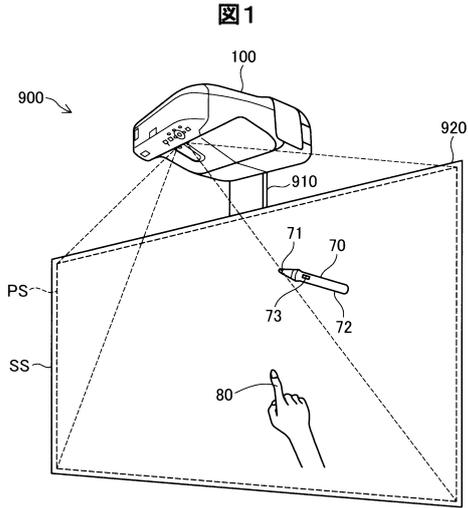
30

40

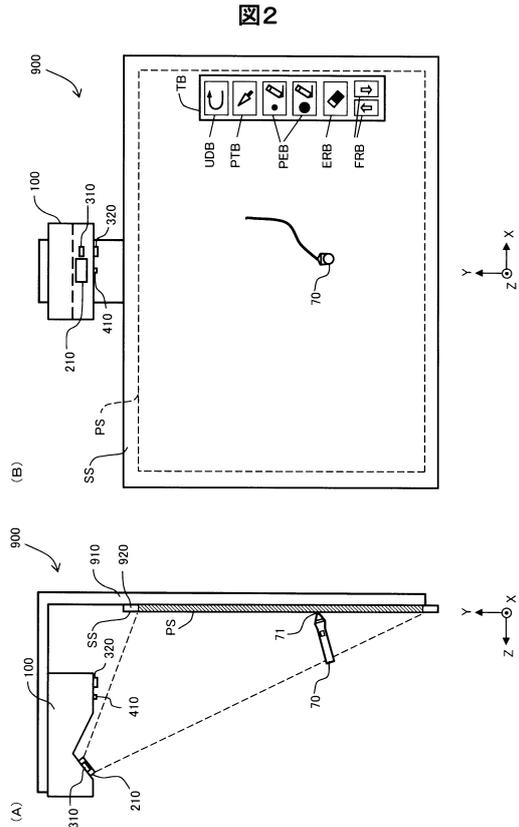
50

7 4 ... 信号光受信部	
7 5 ... 制御部	
7 6 ... 先端スイッチ	
7 7 ... 先端発光部	
8 0 ... 非発光指示体	
8 1 ... 先端部	
1 0 0 ... インタラクティブプロジェクター	
2 0 0 ... 投写部	
2 1 0 ... 投写レンズ	
2 2 0 ... 光変調部	10
2 3 0 ... 光源	
3 0 0 ... 撮像部	
3 1 0 ... 第 1 カメラ	
3 2 0 ... 第 2 カメラ	
4 1 0 ... 検出光照射部	
4 3 0 ... 信号光送信部	
5 0 0 ... 投写画像生成部	
5 1 0 ... 投写画像メモリー	
6 0 0 ... 位置検出部	
7 0 0 ... 制御部	20
7 8 0 ... 指示体	
8 0 0 ... 接触検出部	
8 2 0 ... 関数算出部	
9 0 0 ... インタラクティブプロジェクションシステム	
9 1 0 ... 支持部材	
9 2 0 ... スクリーン板	

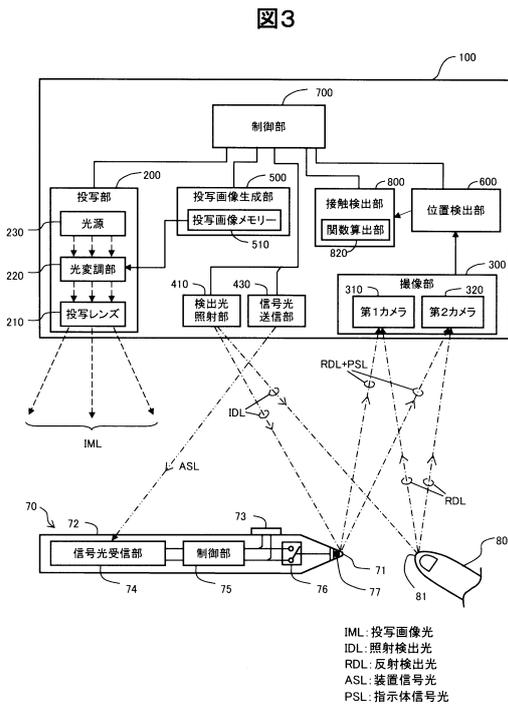
【 図 1 】



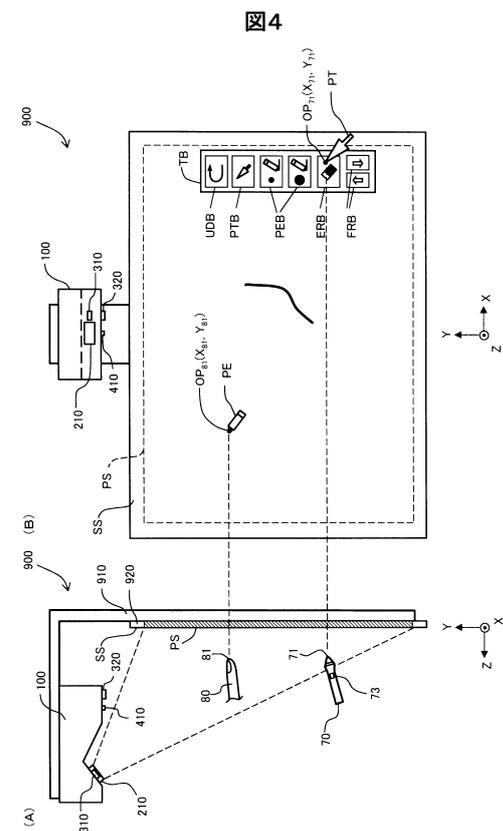
【 図 2 】



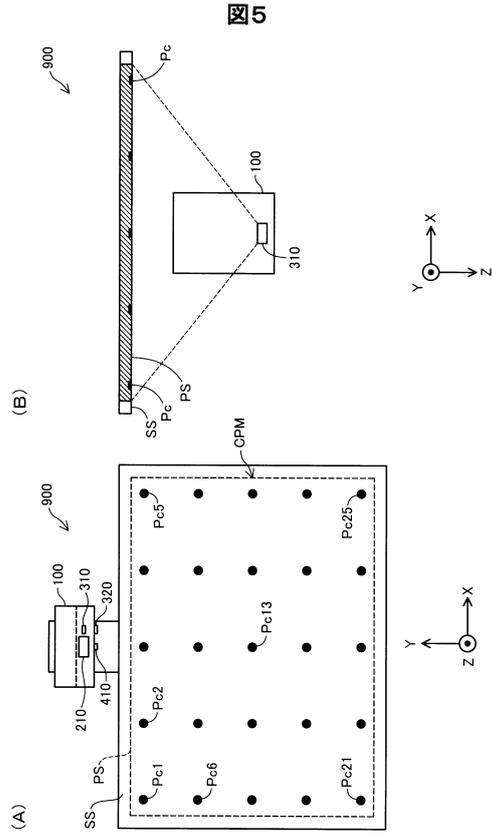
【 図 3 】



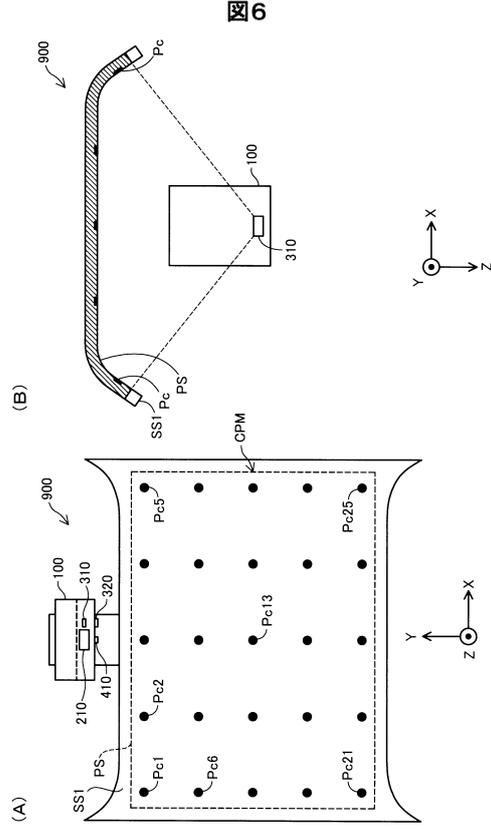
【 図 4 】



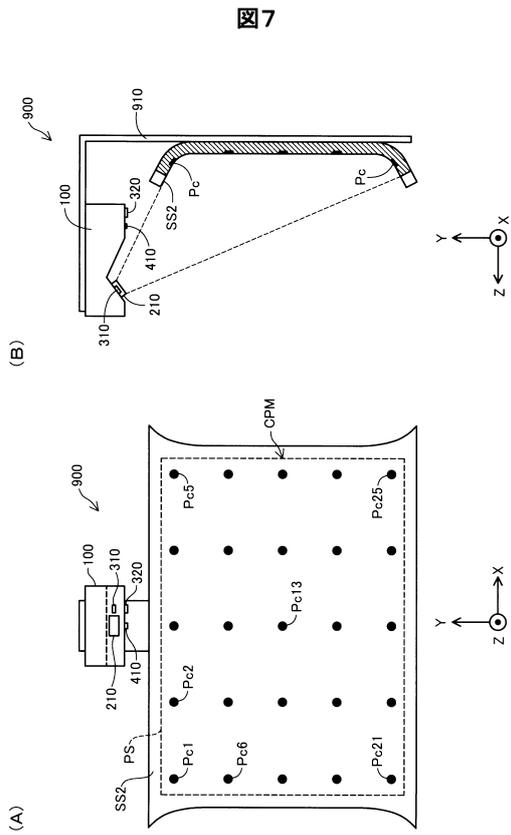
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



フロントページの続き

(72)発明者 ニュルスタッド、トルモド
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 原 秀人

(56)参考文献 特開2003-36142(JP,A)
特開2011-227600(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G06F 3/042
G06F 3/041