

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)公開特許公報(A)

(11)公開番号  
特開2024-65348  
(P2024-65348A)

(43)公開日 令和6年5月15日(2024.5.15)

## (51)国際特許分類

H 04 N 5/74 (2006.01)  
G 03 B 21/00 (2006.01)  
G 03 B 21/14 (2006.01)

F I

H 04 N 5/74  
G 03 B 21/00  
G 03 B 21/14

Z  
D  
D

## テーマコード(参考)

2 K 2 0 3  
5 C 0 5 8

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全31頁)

(21)出願番号 特願2022-174171(P2022-174171)  
(22)出願日 令和4年10月31日(2022.10.31)

(71)出願人 000002369  
セイコーホームズ株式会社  
東京都新宿区新宿四丁目1番6号  
(74)代理人 100179475  
弁理士 仲井 智至  
(74)代理人 100216253  
弁理士 松岡 宏紀  
(74)代理人 100225901  
弁理士 今村 真之  
(72)発明者 竹内 広太  
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイ  
コーホームズ株式会社内  
(72)発明者 古井 志紀  
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイ  
コーホームズ株式会社内

最終頁に続く

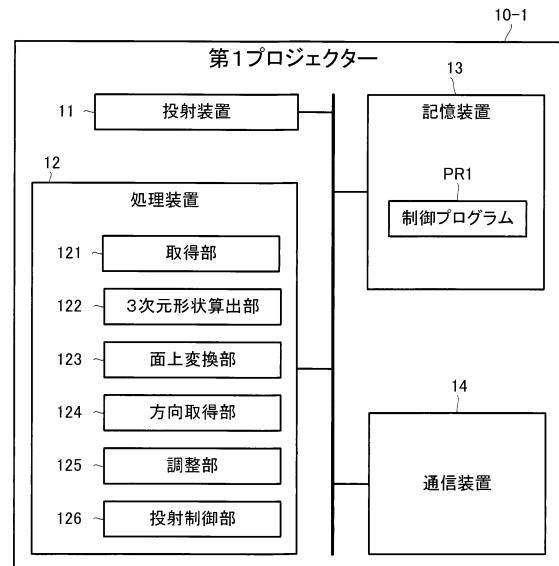
(54)【発明の名称】 投射画像の調整方法、投射システム、及び情報処理用プログラム

## (57)【要約】

【課題】各プロジェクターに内蔵される撮像手段の代わりに外部の撮像装置を用いる場合、ユーザーが装置間の位置関係に関するパラメータを較正する必要がある。

【解決手段】第1投射装置11から、少なくとも4つの単位画像を含む第1パターン画像が投射される平面の投射面を撮像することで、第1レンズを備える第1の装置に対応する第1撮像画像を取得することと、投射面を撮像することで、第2レンズを備える第2の装置に対応する第2撮像画像を取得することと、第1撮像画像と、第2撮像画像と、に基づいて、第1の装置における第1座標系から第2の装置における第2座標系への変換を示す射影変換行列を取得することと、射影変換行列を用いて、投射面の平面パラメータを取得することと、を含む投射画像の調整方法。

【選択図】図2



10

20

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

第1投射装置から、少なくとも4つの単位画像を含む第1パターン画像が投射される平面の投射面を撮像することで、第1レンズを備える第1の装置に対応する第1撮像画像を取得することと、

前記投射面を撮像することで、第2レンズを備える第2の装置に対応する第2撮像画像を取得することと、

前記第1撮像画像と、前記第2撮像画像と、に基づいて、前記第1の装置における第1座標系から前記第2の装置における第2座標系への変換と、前記第1投射装置における第3座標系から前記第1の装置における前記第1座標系への変換と、前記第1の装置における前記第1座標系から前記第1投射装置における前記第3座標系への変換と、のうちのいずれか1つの変換を示す射影変換行列を取得することと、

前記射影変換行列を用いて、前記投射面の平面パラメータを取得することと、

前記平面パラメータに基づいて調整した投射画像を、前記第1投射装置から前記投射面に投射させることと、

を含み、

前記第1の装置と前記第2の装置のうち、少なくとも1つは撮像装置であること、  
を特徴とする投射画像の調整方法。

**【請求項 2】**

前記射影変換行列を取得することは、

前記第1撮像画像において、前記少なくとも4つの単位画像が位置する、前記第1座標系での各座標値を、前記第1の装置における正規化座標系での座標値に変換した第1変換座標値群を取得することと、

前記第2撮像画像において、前記少なくとも4つの単位画像が位置する、前記第2座標系での各座標値を、前記第2の装置における正規化座標系での座標値に変換した第2変換座標値群を取得することと、

前記第1変換座標値群に含まれる少なくとも4つの座標値を、前記少なくとも4つの座標値と1対1に対応する前記第2変換座標値群に含まれる少なくとも4つの座標値へ変換する前記射影変換行列を取得することと、

を含む、請求項1に記載の投射画像の調整方法。

**【請求項 3】**

前記射影変換行列を取得することは、

前記第1撮像画像を、前記第1の装置における第1正規化座標系での画像に変換した第1変換画像を取得することと、

前記第2撮像画像を、前記第2の装置における第2正規化座標系での画像に変換した第2変換画像を取得することと、

前記第1変換画像に含まれる前記少なくとも4つの単位画像の、前記第1正規化座標系での位置を示す、第1変換座標値群を取得することと、

前記第2変換画像に含まれる前記少なくとも4つの単位画像の、前記第2正規化座標系での位置を示す、第2変換座標値群を取得することと、

前記第1変換座標値群に含まれる少なくとも4つの座標値を、前記少なくとも4つの座標値と1対1に対応する前記第2変換座標値群に含まれる少なくとも4つの座標値へ変換する前記射影変換行列を取得することと、

を含む、請求項1に記載の投射画像の調整方法。

**【請求項 4】**

前記第1の装置から前記第2の装置に向かう方向を表す第1方向を取得することを更に含み、

前記投射面の平面パラメータを取得することは、

前記射影変換行列を用いた方程式の、第1の解と、第2の解と、を取得することと、

前記第1の解によって示される、前記第1の装置から前記第2の装置に向かう方向が

10

20

30

40

50

、前記第1方向と一致し、前記第2の解によって示される、前記第1の装置から前記第2の装置に向かう方向が、前記第1方向と一致しなかった場合に、

前記第1の解によって示される、前記投射面の平面パラメータを取得することを含む、請求項1から請求項3のいずれか1項に記載の投射画像の調整方法。

#### 【請求項5】

前記第1方向を指定する操作を外部から受け付けることを更に含む、

請求項4に記載の投射画像の調整方法。

#### 【請求項6】

前記第1の装置は、第1プロジェクターの筐体に配置される、前記第1プロジェクターとは別体の第1のカメラであり、

前記第2の装置は、第2プロジェクターの筐体に配置される、前記第2プロジェクターとは別体の第2のカメラであり、

前記第1プロジェクターは、前記第1投射装置を備え、

前記第1方向を取得することは、

前記第2プロジェクターから投射される第2パターン画像が投射された前記投射面を、前記第1の装置で撮像した第3撮像画像を取得することと、

前記第1撮像画像と、前記第3撮像画像と、に基づいて、前記第1の装置が撮像する撮像画像内の位置を規定する撮像画像座標系において、前記第1パターン画像から、前記第2パターン画像までの方向を表す前記第1方向を取得することと、を含む、

請求項4に記載の投射画像の調整方法。

10

20

30

40

50

#### 【請求項7】

第1投射装置と、

前記第1投射装置から、少なくとも4つの単位画像を含む第1パターン画像が投射される平面の投射面を撮像することで、第1撮像画像を生成する、第1レンズを備える第1の装置と、

前記投射面を撮像することで、第2撮像画像を生成する、第2レンズを備える第2の装置と、

前記第1撮像画像を取得することと、

前記第2撮像画像を取得することと、

前記第1撮像画像と、前記第2撮像画像と、に基づいて、前記第1の装置における第1座標系から前記第2の装置における第2座標系への変換と、前記第1投射装置における第3座標系から前記第1の装置における前記第1座標系への変換と、前記第1の装置における前記第1座標系から前記第1プロジェクターにおける前記第3座標系への変換と、のうちのいずれか1つの変換を示す射影変換行列を取得することと、

前記射影変換行列を用いて、前記投射面の平面パラメータを取得する第4取得部と、

前記平面パラメータに基づいて調整した投射画像を、前記第1投射装置から前記投射面に投射させることと、

を実行する処理装置と、を備え、

前記第1の装置と前記第2の装置のうち、少なくとも1つは撮像装置であること、

を特徴とする投射システム。

#### 【請求項8】

第1投射装置から、少なくとも4つの単位画像を含む第1パターン画像が投射される平面の投射面を撮像することで、第1レンズを備える第1の装置に対応する第1撮像画像を取得することと、

前記投射面を撮像することで、第2レンズを備える第2の装置に対応する第2撮像画像を取得することと、

前記第1撮像画像と、前記第2撮像画像と、に基づいて、前記第1の装置における第1座標系から前記第2の装置における第2座標系への変換と、前記第1投射装置における第3座標系から前記第1の装置における前記第1座標系への変換と、前記第1の装置における前記第1座標系から前記第1投射装置における前記第3座標系への変換と、のうちのい

すれか 1 つの変換を示す射影変換行列を取得することと、

前記射影変換行列を用いて、前記投射面の平面パラメータを取得することと、

前記平面パラメータに基づいて調整した投射画像を、前記第 1 投射装置から前記投射面に投射させることと、

をコンピュータに実行させ、

前記第 1 の装置と前記第 2 の装置のうち、少なくとも 1 つは撮像装置であること、

を特徴とする情報処理用プログラム。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【技術分野】

##### 【0001】

10

本発明は、投射画像の調整方法、投射システム、及び情報処理用プログラムに関する。

##### 【背景技術】

##### 【0002】

プロジェクターが投射面に投射画像を投射することにより、表示画像を表示させる場合に、プロジェクターが当該投射面の三次元形状、及びプロジェクターに対する位置を推定する技術が用いられることがある。

##### 【0003】

例えば、特許文献 1 は、プロジェクターに内蔵された投影手段と撮像手段を用いることによって取得されるパラメータに基づいて、複数のプロジェクターの各々に対する投影面の 3 次元位置を計測する技術を開示している。当該技術においては、投影光学系の内部パラメータ、及び撮像光学系の内部パラメータに加え、三角測量の基線長に対応するパラメータが予め記憶装置に記憶される。

20

##### 【先行技術文献】

##### 【特許文献】

##### 【0004】

【特許文献 1】特開 2016-042653 号公報

##### 【発明の概要】

##### 【発明が解決しようとする課題】

##### 【0005】

特許文献 1 に係る技術においては、上記のように、各プロジェクターは、各種パラメータを予め記憶する必要がある。各プロジェクターに内蔵される撮像手段の代わりに外部の撮像装置を用いる場合、当該撮像装置の配置位置に応じて、三角測量の基線長に対応するパラメータが変化する。しかし、特許文献 1 に係る技術においては、各プロジェクターが、当該変化するパラメータを予め記憶することは困難であった。このため、ユーザーが装置間の位置関係に関するパラメータを較正する必要がある。延いては、ユーザーにとっての利便性が低下する可能性がある。

30

##### 【課題を解決するための手段】

##### 【0006】

本発明の一態様に係る投射画像の調整方法は、第 1 投射装置から、少なくとも 4 つの単位画像を含む第 1 パターン画像が投射される平面の投射面を撮像することで、第 1 レンズを備える第 1 の装置に対応する第 1 撮像画像を取得することと、前記投射面を撮像することで、第 2 レンズを備える第 2 の装置に対応する第 2 撮像画像を取得することと、前記第 1 撮像画像と、前記第 2 撮像画像と、に基づいて、前記第 1 の装置における第 1 座標系から前記第 2 の装置における第 2 座標系への変換と、前記第 1 投射装置における第 3 座標系から前記第 1 の装置における前記第 1 座標系への変換と、前記第 1 の装置における前記第 1 座標系から前記第 1 プロジェクターにおける前記第 3 座標系への変換と、のうちのいずれか 1 つの変換を示す射影変換行列を取得することと、前記射影変換行列を用いて、前記投射面の平面パラメータを取得することと、前記平面パラメータに基づいて調整した投射画像を、前記第 1 投射装置から前記投射面に投射させることと、を含み、前記第 1 の装置と前記第 2 の装置のうち、少なくとも 1 つは撮像装置であること、を含む。

40

50

## 【0007】

本発明の一態様に係る投射システムは、第1投射装置と、前記第1投射装置から、少なくとも4つの単位画像を含む第1パターン画像が投射される平面の投射面を撮像することで、第1撮像画像を生成する、第1レンズを備える第1の装置と、前記投射面を撮像することで、第2撮像画像を生成する、第2レンズを備える第2の装置と、前記第1撮像画像を取得することと、前記第2撮像画像を取得することと、前記第1撮像画像と、前記第2撮像画像と、に基づいて、前記第1の装置における第1座標系から前記第2の装置における第2座標系への変換と、前記第1投射装置における第3座標系から前記第1の装置における前記第1座標系への変換と、前記第1の装置における前記第1座標系から前記第1プロジェクターにおける前記第3座標系への変換と、のうちのいずれか1つの変換を示す射影変換行列を取得することと、前記射影変換行列を用いて、前記投射面の平面パラメータを取得する第4取得部と、前記平面パラメータに基づいて調整した投射画像を、前記第1投射装置から前記投射面に投射させることと、を実行する処理装置と、を備え、前記第1の装置と前記第2の装置のうち、少なくとも1つは撮像装置であること、を含む。

## 【0008】

本発明の一態様に係る情報処理用プログラムは、第1投射装置から、少なくとも4つの単位画像を含む第1パターン画像が投射される平面の投射面を撮像することで、第1レンズを備える第1の装置に対応する第1撮像画像を取得することと、前記投射面を撮像することで、第2レンズを備える第2の装置に対応する第2撮像画像を取得することと、前記第1撮像画像と、前記第2撮像画像と、に基づいて、前記第1の装置における第1座標系から前記第2の装置における第2座標系への変換と、前記第1投射装置における第3座標系から前記第1の装置における前記第1座標系への変換と、前記第1の装置における前記第1座標系から前記第1投射装置における前記第3座標系への変換と、のうちのいずれか1つの変換を示す射影変換行列を取得することと、前記射影変換行列を用いて、前記投射面の平面パラメータを取得することと、前記平面パラメータに基づいて調整した投射画像を、前記第1投射装置から前記投射面に投射させることと、をコンピュータに実行させ、前記第1の装置と前記第2の装置のうち、少なくとも1つは撮像装置であること、を含む。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0009】

【図1】投射システム1の構成を示すブロック図。  
【図2】第1プロジェクター10-1の構成を示すブロック図。  
【図3】光学系110の一例を示す説明図。  
【図4】3次元形状算出部122の機能を示す機能ブロック図。  
【図5】平面パラメータ取得部122-3Bによる解の選択動作を示すフローチャート。  
【図6】方向取得部124の機能を示す機能ブロック図。  
【図7】パネル水平中央軸方向ベクトルHV1、パネル水平中央軸方向ベクトルHV2、及び双方の平均となるベクトルAVの一例を示す図。

【図8】調整部125の機能を示す機能ブロック図。  
【図9】第1プロジェクター10-1による投射領域AR1、第2プロジェクター10-2による投射領域AR2、及び最大面積の長方形SQの一例を示す図。  
【図10】座標値算出部125-5の動作についての説明図。  
【図11】座標値算出部125-5の動作についての説明図。  
【図12】座標値算出部125-5の動作についての説明図。  
【図13】第2プロジェクター10-2の構成を示すブロック図。  
【図14】第1プロジェクター10-1の動作を示すフローチャート。  
【図15】第1プロジェクター10-1の動作を示すフローチャート。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0010】

以下、本発明を実施するための形態について図面を参照して説明する。ただし、各図に

おいて、各部の寸法及び縮尺は、実際のものと適宜に異ならせてある。また、以下に述べる実施形態は、本発明の好適な具体例であるから、技術的に好ましい種々の限定が付されているが、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るものではない。

【0011】

1：第1実施形態

1-1：全体構成

図1は、第1実施形態に係る投射システム1の構成を示すブロック図である。投射システム1は、第1プロジェクター10-1と、第2プロジェクター10-2と、第1撮像装置20-1と、第2撮像装置20-2とを備える。第1プロジェクター10-1と、第2プロジェクター10-2とは、通信網NETを介して、互いに通信可能に接続される。第1撮像装置20-1と第1プロジェクター10-1とは通信可能に接続される。同様に、第2撮像装置20-2と第2プロジェクター10-2とは通信可能に接続される。第2撮像装置20-2によって撮像された撮像画像は、第2プロジェクター10-2を介して、第1プロジェクター10-1に出力される。なお、第1撮像装置20-1は、第1プロジェクター10-1と直接接続される代わりに、通信網NETに接続されていてもよい。この場合、第1撮像装置20-1によって撮像された撮像画像は、通信網NETを介して、第1プロジェクター10-1に出力される。同様に、第2撮像装置20-2は、第2プロジェクター10-2と直接接続される代わりに、通信網NETに接続されていてもよい。この場合、第2撮像装置20-2によって撮像された撮像画像は、通信網NETを介して、第1プロジェクター10-1に出力される。なお、「第1撮像装置20-1」は、「第1の装置」の一例である。また、「第2撮像装置20-2」は、「第2の装置」の一例である。

【0012】

第1プロジェクター10-1及び第2プロジェクター10-2は、例えば壁面又はスクリーン等の投射面に対して投射画像を投射することにより、表示画像を表示させる。本実施形態において、第1プロジェクター10-1と第2プロジェクター10-2とはタイリング表示を実行する。具体的には、第1プロジェクター10-1は、投射面PFに対して、投射画像PP1を投射する。また、第2プロジェクター10-2は、投射面PFに対して、投射画像PP2を投射する。投射面PFにおいて、投射画像PP1と投射画像PP2とは一部が重なり合う。投射画像PP1の領域と投射画像PP2の領域との和の領域である全体領域に、单一の表示画像DPが表示される。表示画像DPの一部が投射画像PP1に含まれ、表示画像DPの他の一部が投射画像PP2に含まれる。投射画像PP1に含まれる表示画像DPの一部と、投射画像PP2に含まれる表示画像DPの一部とが、部分的に重合されることにより、投射面PFに单一の表示画像DPが表示される。

【0013】

なお、本実施形態において、第1プロジェクター10-1と第2プロジェクター10-2とは、共に略水平に載置されていることを前提とする。

【0014】

第1撮像装置20-1は、投射面PFを撮像する。同様に、第2撮像装置20-2は、投射面PFを撮像する。第1プロジェクター10-1は、第1撮像装置20-1によって撮像された投射面PFの撮像画像と、第2撮像装置20-2によって撮像された投射面PFの撮像画像とに基づいて、投射面PFの3次元形状を取得できる。すなわち、第1撮像装置20-1と第2撮像装置20-2とは、1つのセンサ20として、投射面PFの3次元形状を計測すると言える。第1撮像装置20-1は、上記の「第1の装置」として「第1レンズ」を備える。同様に、第2撮像装置20-2は、上記の「第2の装置」として「第2レンズ」を備える。なお、第1プロジェクター10-1は、第1撮像装置20-1及び第2撮像装置20-2に代えて、1台のステレオカメラ、又は1台のTOF(Time of Flight)カメラを用いることにより、投射面PFの3次元形状を取得してもよい。

【0015】

10

20

30

40

50

第1プロジェクター10-1は、投射面PFの3次元形状に関する計測データを用いて、第1プロジェクター10-1から投射される投射画像PP1の外形と、第2プロジェクター10-2から投射される投射画像PP2の外形とを調整する。この結果、表示画像DPは、投射面PF内において回転しない状態で表示される。とりわけ、本実施形態において、表示画像DPが矩形である場合、表示画像DPは、投射面PF内の鉛直方向に直交する一边と、投射面PF内の水平方向に直交する他辺とを有する。

#### 【0016】

##### 1-2：第1プロジェクターの構成

図2は、第1プロジェクター10-1の構成を示すブロック図である。第1プロジェクター10-1は、投射装置11、処理装置12、記憶装置13、及び通信装置14を備える。第1プロジェクター10-1の各要素は、情報を通信するための単体又は複数のバスで相互に接続される。また、第1プロジェクター10-1の各要素は、単数又は複数の機器で構成され、第1プロジェクター10-1の一部の要素は省略されてもよい。

#### 【0017】

投射装置11は、投射画像PP1を壁又はスクリーン等の投射面PFに投射する装置である。投射装置11は、処理装置12による制御のもとで、各種画像を投射する。投射装置11は、図3を参照しつつ後述するように、例えば、照明装置140、液晶パネル160、及び投射レンズ系183を含み、照明装置140からの光を、液晶パネル160を用いて変調する。また、投射装置11は、変調された光を、投射レンズ系183を介して投射面PFに投射する。

#### 【0018】

処理装置12は、第1プロジェクター10-1の全体を制御するプロセッサであり、例えば、単数又は複数のチップで構成される。処理装置12は、例えば、周辺装置とのインターフェース、演算装置及びレジスタ等を含む中央処理装置(CPU:Central Processing Unit)で構成される。なお、処理装置12の機能の一部又は全部を、DSP(Digital Signal Processor)、ASIC(Application Specific Integrated Circuit)、PLD(Programmable Logic Device)、FPGA(Field Programmable Gate Array)等のハードウェアによって実現してもよい。処理装置12は、各種の処理を並列的又は逐次的に実行する。

#### 【0019】

記憶装置13は、処理装置12が読み取可能な記録媒体であり、処理装置12が実行する制御プログラムPR1を含む複数のプログラムを記憶する。記憶装置13は、例えば、ROM(Read Only Memory)、EPROM(Erasable Programmable ROM)、EEPROM(Electrically Erasable Programmable ROM)、RAM(Random Access Memory)等の少なくとも1つによって構成されてもよい。記憶装置13は、レジスタ、キャッシュ、メインメモリ又は主記憶装置等と呼ばれてもよい。

#### 【0020】

通信装置14は、他の装置と通信を行うための、送受信デバイスとしてのハードウェアである。通信装置14は、例えば、ネットワークデバイス、ネットワークコントローラ、ネットワークカード、通信モジュール等とも呼ばれる。通信装置14は、有線接続用のコネクターを備え、上記コネクターに対応するインターフェース回路を備えていてもよい。また、通信装置14は、無線通信インターフェースを備えていてもよい。有線接続用のコネクター及びインターフェース回路としては有線LAN(Local Area Network)、IEEE1394、USB(Universal Serial Bus)に準拠したものが挙げられる。また、無線通信インターフェースとしては無線LANやBluetooth(登録商標)等に準拠したもののが挙げられる。

#### 【0021】

図3は、投射装置11に備わる光学系110の一例を示す説明図である。光学系110は、照明装置140と、分離光学系150と、三個の液晶パネル160R、160G及び160Bと、投射光学系180とを備える。以下では、液晶パネル160R、160G及

10

20

30

40

50

び 160B を、液晶パネル 160 と総称する場合がある。液晶パネル 160 は、「表示パネル」の一例である。

【0022】

照明装置 140 は、例えば、ハロゲンランプ等の白色光源を有する。

【0023】

分離光学系 150 は、その内部に、三個のミラー 151、152 及び 155、ダイクロイックミラー 153 及び 154 を備える。そして、分離光学系 150 は、照明装置 140 から射出された可視光である白色光を、赤、緑及び青の 3 原色に分離する。以下では「赤」を「R」と称し、「緑」を「G」と称し、「青」を「B」と称する。

【0024】

例えば、照明装置 140 から射出された白色光は、分離光学系 150 の内部に配置されたミラー 151、152 及び 155 とダイクロイックミラー 153 及び 154 とによって、R の波長域の光、G の波長域の光及び B の波長域の光の 3 原色の光成分に分離される。そして、R の波長域の光は、液晶パネル 160R に導かれ、G の波長域の光は、液晶パネル 160G に導かれ、B の波長域の光は、液晶パネル 160B に導かれる。

【0025】

具体的には、ダイクロイックミラー 154 は、白色光のうち、R の波長域の光を透過し、G 及び B の波長域の光を反射する。ダイクロイックミラー 153 は、ダイクロイックミラー 154 によって反射された G 及び B の波長域の光のうち、B の波長域の光を透過し、G の波長域の光を反射する。

【0026】

ここで、液晶パネル 160R、160G 及び 160B は、それぞれ空間光変調器として用いられる。液晶パネル 160R、160G 及び 160B の各々は、例えば 800 列のデータ線と 600 行の走査線と、横 800 列 × 縦 600 行のマトリクス状に配列された画素とを有する。そして、各画素において、入射光に対する出射光である透過光の偏光状態が階調に応じて制御される。なお、上記した液晶パネル 160R、160G 及び 160B の走査線、データ線、及び画素の数は一例であって、上記した例に限られるものではない。

【0027】

投射光学系 180 は、ダイクロイックプリズム 181、光路シフト素子 182、及び投射レンズ系 183 を備える。液晶パネル 160R、160G 及び 160B によってそれぞれ変調された光は、ダイクロイックプリズム 181 に対し三方向から入射する。このダイクロイックプリズム 181 において、R の波長域の光及び B の波長域の光は 90 度で屈折する一方、G の波長域の光は直進する。これにより、R、G 及び B の各原色の画像が合成される。

【0028】

ダイクロイックプリズム 181 から射出された光は、光路シフト素子 182 を透過して投射レンズ系 183 に到達する。例えば、光路シフト素子 182 は、ダイクロイックプリズム 181 と投射レンズ系 183 との間に配置されている。

【0029】

投射レンズ系 183 は、光路シフト素子 182 から射出された光、具体的には合成像を、スクリーン等の投射面 P F に拡大投射する。なお、液晶パネル 160R、160G 及び 160B には、ダイクロイックミラー 153、154 によって、それぞれに対応する R、G 及び B の原色に対応する光が入射する。

【0030】

なお、図 3 に示される光学系 110 は、あくまで一例である。光学系 110 は、例えば液晶パネル 160 の代わりに DMD パネルを備えていてもよい。

【0031】

図 2 において、処理装置 12 は、記憶装置 13 から制御プログラム PR1 を読み出して実行することによって、取得部 121、3 次元形状算出部 122、面上変換部 123、方向取得部 124、調整部 125、及び投射制御部 126 として機能する。なお、制御プロ

10

20

30

40

50

グラム P R 1 は、通信網 N E T を介して、第 1 プロジェクター 1 0 - 1 を管理するサーバなどの他の装置から送信されてもよい。

【 0 0 3 2 】

取得部 1 2 1 は、記憶装置 1 3 から、パターン画像、及び投射画像 P P 1 及び P P 2 を取得する。また、取得部 1 2 1 は、通信装置 1 4 を介して、第 2 プロジェクター 1 0 - 2 から、第 2 撮像装置 2 0 - 2 によって撮像された撮像画像を取得する。

【 0 0 3 3 】

3 次元形状算出部 1 2 2 は、第 1 撮像装置 2 0 - 1 から見た、投射面 P F の 3 次元形状に関するパラメータを算出する。換言すれば、3 次元形状算出部 1 2 2 は、第 1 撮像装置 2 0 - 1 に対する投射面 P F の 3 次元平面パラメータを算出し、取得する。なお、「投射面 P F の 3 次元平面パラメータ」とは、第 1 撮像装置 2 0 - 1 によって撮像された撮像画像上の X Y Z 座標系である 3 次元座標系において、投射面 P F を  $a x + b y + c z = 1$  の数式で表現した場合、係数 a、b、及び c のことである。

【 0 0 3 4 】

図 4 は、3 次元形状算出部 1 2 2 の機能を示す機能プロック図である。3 次元形状算出部 1 2 2 は、対応関係取得部 1 2 2 - 1 と、軸方向検出部 1 2 2 - 2 と、平面姿勢推定部 1 2 2 - 3 と、を備える。また、対応関係取得部 1 2 2 - 1 は、第 1 撮像画像取得部 1 2 2 - 1 A と、第 2 撮像画像取得部 1 2 2 - 1 B と、を備える。更に、平面姿勢推定部 1 2 2 - 3 は、変換行列取得部 1 2 2 - 3 A と、平面パラメータ取得部 1 2 2 - 3 B と、を備える。第 1 撮像画像取得部 1 2 2 - 1 A は、「第 1 取得部」の一例である。第 2 撮像画像取得部 1 2 2 - 1 B は、「第 2 取得部」の一例である。

【 0 0 3 5 】

対応関係取得部 1 2 2 - 1 は、第 1 撮像装置 2 0 - 1 におけるカメラ画像座標系と、第 1 プロジェクター 1 0 - 1 に備わる投射装置 1 1 におけるパネル画像座標系との対応関係、及び第 1 撮像装置 2 0 - 1 におけるカメラ画像座標系と、第 2 プロジェクター 1 0 - 2 に備わる投射装置 1 1 におけるパネル画像座標系との対応関係を取得する。なお、本明細書において、第 1 撮像装置 2 0 - 1 におけるカメラ画像座標系を「第 1 カメラ画像座標系」と呼称する。同様に第 2 撮像装置 2 0 - 2 におけるカメラ画像座標系を「第 2 カメラ画像座標系」と呼称する。また、本明細書において、第 1 プロジェクター 1 0 - 1 に備わる投射装置 1 1 におけるパネル画像座標系を「第 1 パネル画像座標系」と呼称する。同様に、第 2 プロジェクター 1 0 - 2 に備わる投射装置 1 1 におけるパネル画像座標系を「第 2 パネル画像座標系」と呼称する。換言すれば、対応関係取得部 1 2 2 - 1 は、第 1 カメラ画像座標系と第 1 パネル画像座標系との対応関係、及び第 1 カメラ画像座標系と第 2 パネル画像座標系との対応関係を取得する。

【 0 0 3 6 】

より詳細には、第 1 プロジェクター 1 0 - 1 は、投射面 P F に対して、取得部 1 2 1 が取得したパターン画像を投射する。なお、当該パターン画像としては、例として、市松模様のパターン、ガウシアンドットのパターン、及び円のパターンが挙げられる。第 1 撮像装置 2 0 - 1 は、投射面 P F に対して投射されたパターン画像を撮像する。対応関係取得部 1 2 2 - 1 に備わる第 1 撮像画像取得部 1 2 2 - 1 A は、第 1 撮像装置 2 0 - 1 によって撮像されたパターン画像の撮像画像を取得する。対応関係取得部 1 2 2 - 1 は、当該撮像画像上において、パターン検出を実行する。例えば、パターン画像が市松模様の場合、対応関係取得部 1 2 2 - 1 は、市松模様上の格子の座標値を取得する。パターン画像がガウシアンドットの場合、対応関係取得部 1 2 2 - 1 は、輝度が最大値の箇所の座標値を取得する。パターン画像が円のパターンである場合、対応関係取得部 1 2 2 - 1 は、円の中心の座標値を取得する。対応関係取得部 1 2 2 - 1 は、撮像画像上におけるこれらの座標値と、第 1 プロジェクター 1 0 - 1 に備わる液晶パネル 1 6 0 上におけるこれらの座標値との対応関係を取得する。すなわち、対応関係取得部 1 2 2 - 1 は、第 1 カメラ画像座標系におけるこれらの座標値と、第 1 パネル画像座標系におけるこれらの座標値との対応関係を取得する。

10

20

30

40

50

## 【0037】

同様に、第2プロジェクター10-2は、投射面PFに対してパターン画像を投射する。対応関係取得部122-1に備わる第1撮像画像取得部122-1Aは、第1撮像装置20-1によって撮像されたパターン画像の撮像画像を取得する。対応関係取得部122-1は、当該撮像画像上において、パターン検出を実行する。対応関係取得部122-1は、当該パターン検出に基づいて、第1カメラ画像座標系における座標値と、第2パネル画像座標系における座標値との対応関係を取得する。

## 【0038】

また、対応関係取得部122-1に備わる第2撮像画像取得部122-1Bは、第2撮像装置20-2によって、同様に撮像されたパターン画像の撮像画像を取得する。対応関係取得部122-1は、当該撮像画像上において、パターン検出を実行する。対応関係取得部122-1は、当該パターン検出に基づいて、第2カメラ画像座標系における座標値と第1パネル画像座標系における座標値との対応関係、及び第2カメラ画像座標系における座標値と第2パネル画像座標系における座標値との対応関係を取得する。

10

## 【0039】

対応関係取得部122-1は、第1撮像装置20-1及び第2撮像装置20-2毎に、カメラ画像座標系における座標値と、全てのプロジェクターのうち、投射面PFに対して投射画像PPを投射することで表示される表示画像DPが撮像範囲に入っているプロジェクターの、パネル画像座標系における座標値との対応関係を取得する。

20

## 【0040】

軸方向検出部122-2は、カメラ画像座標系において、パネル画像座標系での水平中央軸が対応する軸の方向である、パネル水平中央軸方向を検出する。

## 【0041】

具体的には、軸方向検出部122-2は、第1プロジェクター10-1に備わる液晶パネル160上において、光学中心を通る縦方向の軸である水平中央軸上の少なくとも2点が、カメラ画像座標系上でどこに位置するのかを取得する。液晶パネル160上において、当該水平中央軸は、投射レンズ系183の光軸と液晶パネル160との交点を通る。また、液晶パネル160は、共に水平中央軸に平行な2つの辺と、共に水平中央軸に垂直な2つの辺を有する。

30

## 【0042】

軸方向検出部122-2が、第1プロジェクター10-1に備わる液晶パネル160上において、光学中心を通る縦方向の軸である水平中央軸上の2点を取得した場合、軸方向検出部122-2は、カメラ画像座標系において、これらに対応する2点を結ぶ当該水平中央軸において、上から下に向かい、長さが1に正規化されたベクトルを、カメラ画像座標系におけるパネル水平中央軸方向ベクトルとする。一方で、軸方向検出部122-2が、第1プロジェクター10-1に備わる液晶パネル160上において、光学中心を通る縦方向の軸である水平中央軸上の3点以上を取得した場合、軸方向検出部122-2は、これらの3点以上の点群に対する最小二乗法等の方法を用いた直線近似により得られる直線上において、上から下に向かい、長さが1に正規化されたベクトルを、カメラ画像座標系におけるパネル水平中央軸方向ベクトルとする。

40

## 【0043】

平面姿勢推定部122-3は、第1撮像装置20-1に対する投射面PFの姿勢を推定する。上記のように、平面姿勢推定部122-3は、変換行列取得部122-3Aと、平面パラメータ取得部122-3Bと、を備える。変換行列取得部122-3Aは、「第3取得部」の一例である。平面パラメータ取得部122-3Bは、「第4取得部」の一例である。

## 【0044】

変換行列取得部122-3Aは、対応関係取得部122-1が上記の対応関係を取得したときに用いられた第1カメラ画像座標系の対応点の座標値を、第1撮像装置20-1における正規化座標系である第1カメラ正規化座標系の座標値に変換する。ここで、「正規

50

化座標系」とは、第1撮像装置20-1の光軸において、光学原点から奥行き方向に長さ1の箇所を通るXY平面における座標系である。当該正規化座標系においては、カメラレンズによる画像のひずみが除去される。当該正規化座標系は、第1撮像装置20-1によって撮像される撮像画像上において、光学中心を原点とする。また、変換行列取得部122-3Aは、対応関係取得部122-1によって用いられた第2カメラ画像座標系の対応点の座標値を、第2撮像装置20-2における正規化座標系である第2カメラ正規化座標系の座標値に変換する。

【0045】

更に、変換行列取得部122-3Aは、上記の第1カメラ正規化座標系の座標値と第2カメラ正規化座標系の座標値とを用いて、第1カメラ正規化座標系から第2カメラ正規化座標系への射影変換行列を算出し、取得する。第1カメラ正規化座標系における点の座標を $(x_1, y_1)$ とし、当該点に対応する第2カメラ正規化座標系における点の座標を $(x_2, y_2)$ とすると、射影変換行列Hは、以下の式(1)で表される。

【数1】

$$p \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ 1 \end{pmatrix} = H \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_{00} & h_{01} & h_{02} \\ h_{10} & h_{11} & h_{12} \\ h_{20} & h_{21} & h_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ 1 \end{pmatrix} \quad \text{式(1)}$$

10

20

30

なお、pは常に、 $p = h_{20}x_2 + h_{21}y_2 + h_{22}$ となる定数であり、対応する点の座標ごとに異なる数値である。また、上記の射影変換行列Hを求めるためには、少なくとも4組の対応点の座標値が必要となる。このため、上記のパターン画像は、少なくとも4つの単位画像を含む。ここで、「単位画像」とは、例えば、市松模様上の格子、ガウシアンドット、又は円である。また、これら4組以上の対応点の座標値のうち、各組の対応点の座標値は、3次元平面上の同一の点を第1撮像装置20-1及び第2撮像装置20-2の各々で撮像した場合の座標値である。

【0046】

第1撮像装置20-1によって撮像された第1撮像画像において、4つの単位画像に対応する4組の対応点の座標値を、第1撮像装置20-1における第1カメラ正規化座標系での座標値に変換した座標値は、「第1変換座標値群」の一例である。また、第2撮像装置20-2によって撮像された第2撮像画像において、4つの単位画像に対応する4組の対応点の座標値を、第2撮像装置20-2における第2カメラ正規化座標系での座標値に変換した座標値は、「第2変換座標値群」の一例である。

【0047】

平面パラメータ取得部122-3Bは、上記の射影変換行列Hを用いて、投射面PFの平面パラメータを取得する。

【0048】

射影変換行列Hを特異値分解することによって、第1撮像装置20-1に対する第2撮像装置20-2の3次元座標における位置と姿勢、及び第1撮像装置20-1に対する投射面PFの3次元平面パラメータが算出される。しかし、当該特異値分解によれば、第1撮像装置20-1に対する第2撮像装置20-2の3次元座標における位置と姿勢、及び第1撮像装置20-1に対する投射面PFの3次元平面パラメータの組として、解が2組導出される。そこで、平面パラメータ取得部122-3Bは、2つの解それぞれによって示される第1撮像装置20-1に対する第2撮像装置20-2の位置が、第1撮像装置2

40

50

0 - 1 と第 2 撮像装置 20 - 2 との配置を示すレイアウト情報に含まれる位置に近い方の解を選択する。

【0049】

ここで、「レイアウト情報」は、例えば、第 1 撮像装置 20 - 1 と第 2 撮像装置 20 - 2 との上下の位置関係、又は左右の位置関係を示す。なお、第 1 撮像装置 20 - 1 から第 2 撮像装置 20 - 2 に向かう方向は、「第 1 方向」の一例である。

【0050】

上記のように、第 1 プロジェクター 10 - 1 と第 2 プロジェクター 10 - 2 とはタイリングに用いられるため、左右又は上下に並んで設置される。そのため、平面パラメータ取得部 122 - 3B は、第 1 プロジェクター 10 - 1 と第 2 プロジェクター 10 - 2 の各々の投射中心座標を撮像画像上で比較することにより、第 1 プロジェクター 10 - 1 と第 2 プロジェクター 10 - 2 の位置関係を取得できる。また、第 1 撮像装置 20 - 1 が第 1 プロジェクター 10 - 1 に取り付けられ、第 2 撮像装置 20 - 2 が第 2 プロジェクター 10 - 2 に取り付けられている場合には、平面パラメータ取得部 122 - 3B は、第 1 プロジェクター 10 - 1 と第 2 プロジェクター 10 - 2 との位置関係に基づいて、第 1 撮像装置 20 - 1 と第 2 撮像装置 20 - 2 との位置関係を算出できる。

【0051】

例えば、第 1 撮像装置 20 - 1 は、第 1 プロジェクター 10 - 1 に備わる投射装置 11 からパターン画像が投射される投射面 PF を撮像する。また、第 1 撮像装置 20 - 1 は、第 2 プロジェクター 10 - 2 に備わる投射装置 11 からパターン画像が投射される投射面 PF を撮像する。ここで、第 1 プロジェクター 10 - 1 に備わる投射装置 11 から投射されるパターン画像は、「第 1 パターン画像」の一例である。また、第 2 プロジェクター 10 - 2 に備わる投射装置 11 から投射されるパターン画像は、「第 2 パターン画像」の一例である。第 1 パターン画像が投射された投射面 PF を第 1 撮像装置 20 - 1 が撮像した撮像画像は「第 1 撮像画像」の一例である。第 2 パターン画像が投射された投射面 PF を第 1 撮像装置 20 - 1 が撮像した撮像画像は「第 3 撮像画像」の一例である。平面パラメータ取得部 122 - 3B は、第 1 撮像画像と、第 3 撮像画像と、に基づいて、第 1 撮像装置 20 - 1 が撮像する撮像画像内の位置を規定する撮像画像座標系において、第 1 パターン画像から、第 2 パターン画像までの方向を表す第 1 方向を取得する。

【0052】

なお、上記のレイアウト情報は、第 1 プロジェクター 10 - 1 の記憶装置 13 に記憶されるレイアウト情報であってもよい。また、当該レイアウト情報は、基本的には、第 1 撮像装置 20 - 1 と第 2 撮像装置 20 - 2 との位置関係を示す。ただし、上記のように、第 1 撮像装置 20 - 1 が、第 1 プロジェクター 10 - 1 に取り付けられ、第 2 撮像装置 20 - 2 が、第 2 プロジェクター 10 - 2 に取り付けられる場合には、当該レイアウト情報は、第 1 プロジェクター 10 - 1 と第 2 プロジェクター 10 - 2 との配置を示すレイアウト情報であってもよい。また、当該レイアウト情報は、投射システム 1 のユーザーが手動で設定した情報であってもよい。換言すれば、第 1 プロジェクター 10 - 1 は、上記の第 1 方向を指定する操作を、投射システム 1 のユーザーから受け付けてもよい。

【0053】

図 5 は、平面パラメータ取得部 122 - 3B による解の選択動作を示すフローチャートである。なお、第 1 の解に含まれる第 1 撮像装置 20 - 1 に対する投射面 PF の平面パラメータを、 $(a, b, c) = (a_A, b_A, c_A)$ 、第 2 の解に含まれる第 1 撮像装置 20 - 1 に対する投射面 PF の平面パラメータを、 $(a, b, c) = (a_B, b_B, c_B)$  とする。

【0054】

ステップ S1において、処理装置 12 は、平面パラメータ取得部 122 - 3B として機能することにより、レイアウト情報において、第 2 撮像装置 20 - 2 が第 1 撮像装置 20 - 1 よりも、投射面 PF に向かって右側にあるか否かを判定する。ステップ S1 の判定結果が肯定である場合、すなわち第 2 撮像装置 20 - 2 が第 1 撮像装置 20 - 1 よりも右側

10

20

30

40

50

に位置する場合（ステップ S 1 の YES）には、処理装置 1 2 は、ステップ S 2 の処理を実行する。ステップ S 1 の判定結果が否定である場合、すなわち第 2 撮像装置 2 0 - 2 が第 1 撮像装置 2 0 - 1 よりも左側に位置する場合（ステップ S 1 の NO）には、処理装置 1 2 は、ステップ S 6 の処理を実行する。

【 0 0 5 5 】

ステップ S 2 において、処理装置 1 2 は、平面パラメータ取得部 1 2 2 - 3 B として機能することにより、第 1 の解において、第 2 撮像装置 2 0 - 2 が第 1 撮像装置 2 0 - 1 よりも、投射面 P F に向かって右側にあり、かつ、第 2 の解において、第 2 撮像装置 2 0 - 2 が第 1 撮像装置 2 0 - 1 よりも、投射面 P F に向かって左側にあるか否かを判定する。ステップ S 2 の判定結果が肯定である場合、すなわち、第 1 の解において、第 2 撮像装置 2 0 - 2 が第 1 撮像装置 2 0 - 1 よりも、投射面 P F に向かって右側にあり、かつ、第 2 の解において、第 2 撮像装置 2 0 - 2 が第 1 撮像装置 2 0 - 1 よりも、投射面 P F に向かって左側にある場合（ステップ S 2 の YES）には、処理装置 1 2 は、ステップ S 3 の処理を実行する。一方で、ステップ S 2 の判定結果が否定である場合、すなわち第 1 の解において、第 2 撮像装置 2 0 - 2 が第 1 撮像装置 2 0 - 1 よりも、投射面 P F に向かって左側にあるか、又は、第 2 の解において、第 2 撮像装置 2 0 - 2 が第 1 撮像装置 2 0 - 1 よりも、投射面 P F に向かって右側にある場合（ステップ S 2 の NO）には、処理装置 1 2 は、ステップ S 4 の処理を実行する。

【 0 0 5 6 】

ステップ S 3 において、処理装置 1 2 は、平面パラメータ取得部 1 2 2 - 3 B として機能することにより、第 1 の解を選択する。すなわち、処理装置 1 2 は、第 1 撮像装置 2 0 - 1 に対する投射面 P F の平面パラメータとして、 $(a, b, c) = (a_A, b_A, c_A)$  を選択する。

【 0 0 5 7 】

ステップ S 4 において、処理装置 1 2 は、平面パラメータ取得部 1 2 2 - 3 B として機能することにより、第 2 の解において、第 2 撮像装置 2 0 - 2 が第 1 撮像装置 2 0 - 1 よりも、投射面 P F に向かって右側にあり、かつ、第 1 の解において、第 2 撮像装置 2 0 - 2 が第 1 撮像装置 2 0 - 1 よりも、投射面 P F に向かって左側にあるか否かを判定する。ステップ S 4 の判定結果が肯定である場合、すなわち、第 2 の解において、第 2 撮像装置 2 0 - 2 が第 1 撮像装置 2 0 - 1 よりも、投射面 P F に向かって右側にあり、かつ、第 1 の解において、第 2 撮像装置 2 0 - 2 が第 1 撮像装置 2 0 - 1 よりも、投射面 P F に向かって左側にある場合（ステップ S 4 の YES）には、処理装置 1 2 は、ステップ S 3 の処理を実行する。一方で、ステップ S 4 の判定結果が否定である場合、すなわち第 2 の解において、第 2 撮像装置 2 0 - 2 が第 1 撮像装置 2 0 - 1 よりも、投射面 P F に向かって左側にあるか、又は、第 1 の解において、第 2 撮像装置 2 0 - 2 が第 1 撮像装置 2 0 - 1 よりも、投射面 P F に向かって右側にある場合（ステップ S 4 の NO）には、処理装置 1 2 は、ステップ S 5 の処理を実行する。

【 0 0 5 8 】

ステップ S 5 において、処理装置 1 2 は、平面パラメータ取得部 1 2 2 - 3 B として機能することにより、第 1 撮像装置 2 0 - 1 と第 2 撮像装置 2 0 - 2 の位置関係が判別不能であると判定する。この場合、処理装置 1 2 は、動作を停止してもよい。

【 0 0 5 9 】

ステップ S 6 において、処理装置 1 2 は、平面パラメータ取得部 1 2 2 - 3 B として機能することにより、第 1 の解において、第 2 撮像装置 2 0 - 2 が第 1 撮像装置 2 0 - 1 よりも、投射面 P F に向かって左側にあり、かつ、第 2 の解において、第 2 撮像装置 2 0 - 2 が第 1 撮像装置 2 0 - 1 よりも、投射面 P F に向かって右側にあるか否かを判定する。ステップ S 6 の判定結果が肯定である場合、すなわち、第 1 の解において、第 2 撮像装置 2 0 - 2 が第 1 撮像装置 2 0 - 1 よりも、投射面 P F に向かって左側にあり、かつ、第 2 の解において、第 2 撮像装置 2 0 - 2 が第 1 撮像装置 2 0 - 1 よりも、投射面 P F に向かって右側にある場合（ステップ S 6 の YES）には、処理装置 1 2 は、ステップ S 7 の処理を実行する。

10

20

30

40

50

理を実行する。一方で、ステップ S 6 の判定結果が否定である場合、すなわち第 1 の解において、第 2 撮像装置 20 - 2 が第 1 撮像装置 20 - 1 よりも、投射面 P F に向かって右側にあるか、又は、第 2 の解において、第 2 撮像装置 20 - 2 が第 1 撮像装置 20 - 1 よりも、投射面 P F に向かって左側にある場合（ステップ S 6 の N O ）には、処理装置 1 2 は、ステップ S 8 の処理を実行する。

【 0 0 6 0 】

ステップ S 7 において、処理装置 1 2 は、平面パラメータ取得部 1 2 2 - 3 B として機能することにより、第 2 の解を選択する。すなわち、処理装置 1 2 は、第 1 撮像装置 20 - 1 に対する投射面 P F の平面パラメータとして、 $(a, b, c) = (a_B, b_B, c_B)$  を選択する。

10

【 0 0 6 1 】

ステップ S 8 において、処理装置 1 2 は、平面パラメータ取得部 1 2 2 - 3 B として機能することにより、第 2 の解において、第 2 撮像装置 20 - 2 が第 1 撮像装置 20 - 1 よりも、投射面 P F に向かって左側にあり、かつ、第 1 の解において、第 2 撮像装置 20 - 2 が第 1 撮像装置 20 - 1 よりも、投射面 P F に向かって右側にあるか否かを判定する。ステップ S 8 の判定結果が肯定である場合、すなわち、第 2 の解において、第 2 撮像装置 20 - 2 が第 1 撮像装置 20 - 1 よりも、投射面 P F に向かって左側にあり、かつ、第 1 の解において、第 2 撮像装置 20 - 2 が第 1 撮像装置 20 - 1 よりも、投射面 P F に向かって右側にある場合（ステップ S 8 の Y E S ）には、処理装置 1 2 は、ステップ S 7 の処理を実行する。一方で、ステップ S 8 の判定結果が否定である場合、すなわち第 2 の解において、第 2 撮像装置 20 - 2 が第 1 撮像装置 20 - 1 よりも、投射面 P F に向かって右側にあるか、又は、第 1 の解において、第 2 撮像装置 20 - 2 が第 1 撮像装置 20 - 1 よりも、投射面 P F に向かって左側にある場合（ステップ S 8 の N O ）には、処理装置 1 2 は、ステップ S 5 の処理を実行する。

20

【 0 0 6 2 】

換言すれば、処理装置 1 2 は、第 1 の解によって示される、第 1 撮像装置 20 - 1 から第 2 撮像装置 20 - 2 に向かう方向が、上記の第 1 方向と一致し、第 2 の解によって示される、第 1 撮像装置 20 - 1 から第 2 撮像装置 20 - 2 に向かう方向が、上記の第 1 方向と一致しなかった場合に、第 1 の解によって示される、投射面 P F の平面パラメータを取得する。

30

【 0 0 6 3 】

図 2 において、面上変換部 1 2 3 は、平面姿勢推定部 1 2 2 - 3 によって取得された投射面 P F の平面パラメータを用いて、軸方向検出部 1 2 2 - 2 によって検出された、カメラ画像座標系における 2 次元のパネル水平中央軸方向ベクトルを、投射面 P F 上における 3 次元のパネル水平中央軸方向ベクトルに変換する。具体的には、面上変換部 1 2 3 は、第 1 撮像装置 20 - 1 の内部パラメータを用いて、第 1 カメラ画像座標系上での、第 1 プロジェクター 1 0 - 1 に係る 2 次元のパネル水平中央軸ベクトルを、第 1 カメラ正規化座標系での、第 1 プロジェクター 1 0 - 1 に係る 2 次元のパネル水平中央軸方向ベクトルに変換する。当該変換処理は、平面姿勢推定部 1 2 2 - 3 が実行する変換処理と同様の変換処理である。更に、面上変換部 1 2 3 は、第 1 撮像装置 20 - 1 に対する投射面 P F の平面パラメータを用いて、第 1 プロジェクター 1 0 - 1 に係る 2 次元のパネル水平中央軸方向ベクトルを、投射面 P F 上における、第 1 プロジェクター 1 0 - 1 に係る 3 次元のパネル水平中央軸方向ベクトルに変換する。具体的には、第 1 撮像装置 20 - 1 の光学中心を原点とする三次元座標系において、 $a x + b y + c z = 1$  を満たす平面があり、当該平面上にある点（X, Y, Z）を第 1 カメラ正規化座標系で観測した点の座標値が（x<sub>1</sub>, y<sub>1</sub>）である場合に、以下の数式（2）が成立する。

40

【 数 2 】

50

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \frac{1}{ax_1 + by_1 + c} \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ 1 \end{pmatrix} \quad \text{数式 (2)}$$

10

このため、面上変換部 1 2 3 は、2 次元のカメラ正規化座標系の座標値 ( $x_1, y_1$ ) と平面パラメータ ( $a, b, c$ ) とから、2 次元のカメラ正規化座標系の座標値 ( $x_1, y_1$ ) に対する 3 次元座標 ( $X, Y, Z$ ) を算出できる。

【 0 0 6 4 】

同様の手法を用いることにより、面上変換部 1 2 3 は、第 1 カメラ画像座標系における、第 2 プロジェクター 10 - 2 に係る 2 次元のパネル水平中央軸方向ベクトルを、投射面 P F 上における、第 2 プロジェクター 10 - 2 に係る 3 次元のパネル水平中央軸方向ベクトルに変換する。

( 0 0 6 5 )

方向取得部 1 2 4 は、投射面 P F 上の互いに直交する三方向のベクトルを算出し、取得する。図 6 は、方向取得部 1 2 4 の機能を示す機能ブロック図である。方向取得部 1 2 4 は、法線方向取得部 1 2 4 - 1 と、鉛直方向取得部 1 2 4 - 2 と、水平方向取得部 1 2 4 - 3 と、を備える。

【 0 0 6 6 】

法線方向取得部 124-1 は、平面パラメータ取得部 122-3B によって取得された平面パラメータを用いて、投射面 P F の法線方向を取得する。上記のように、投射面 P F の平面パラメータが (a, b, c) である場合、数式  $a x + b y + c z = 1$  によって示される 3 次元平面の法線ベクトル  $n$  ( $n_x, n_y, n_z$ ) は、以下の数式 (3) によって算出される。

30

【数3】

$$n(n_x, n_y, n_z) = \left( \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}}, \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}}, \frac{c}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}} \right) \quad \text{数式 (3)}$$

( 0 0 6 7 )

鉛直方向取得部 124-2 は、面上変換部 123 から出力された、投射面 PF 上における第 1 プロジェクター 10-1 に係る 3 次元のパネル水平中央軸方向ベクトルと、投射面 PF 上における第 2 プロジェクター 10-2 に係る 3 次元のパネル水平中央軸方向ベクトルとの平均となるベクトルを算出する。図 7 は、投射面 PF 上における第 1 プロジェクター 10-1 に係る 3 次元のパネル水平中央軸方向ベクトル HV1、投射面 PF 上における第 2 プロジェクター 10-2 に係る 3 次元のパネル水平中央軸方向ベクトル HV2、及び双方の平均となるベクトル AV の一例を示す図である。

〔 0 0 6 8 〕

具体的には、鉛直方向取得部 124-2 は、投射面 PF 上における第 1 プロジェクター 10-1 に係る 3 次元のパネル水平中央軸方向ベクトル HV1 の要素と、投射面 PF にお

50

ける第 2 プロジェクター 10-2 に係る 3 次元のパネル水平中央軸方向ベクトル  $HV$  の要素との平均の要素を算出する。双方のパネル水平中央軸方向ベクトル  $HV$  の要素の平均の要素を有するベクトル  $AV$  は、投射面  $PF$  内の鉛直方向のベクトルである。当該投射面  $PF$  内の鉛直方向のベクトルを、本明細書では「鉛直方向ベクトル」と呼称する。また当該鉛直方向ベクトルを、本明細書では  $v(v_x, v_y, v_z)$  の数式で表現する。鉛直方向取得部 124-2 は、鉛直方向ベクトル  $v$  に基づいて、投射面  $PF$  内の鉛直方向を取得する。

#### 【0069】

上記のように第 1 プロジェクター 10-1 及び第 2 プロジェクター 10-2 は、略水平に設置されるが、双方のプロジェクター 10 のロール回転成分は 0 ではない。鉛直方向取得部 124-2 は、これらを平均化することによって、できるだけロール回転を補償する。また、投射システム 1 が、2 台ではなく 3 台以上のプロジェクター 10 を用いてタイミングを実行する場合、ロール回転のばらつきがより平均化され、ロール回転がより補償される。

#### 【0070】

水平方向取得部 124-3 は、投射面  $PF$  において、法線方向と鉛直方向とに直交する水平方向を取得する。具体的には、水平方向取得部 124-3 は、法線方向取得部 124-1 によって算出された法線ベクトル  $n(n_x, n_y, n_z)$  と、鉛直方向取得部 124-2 によって算出された鉛直方向ベクトル  $v(v_x, v_y, v_z)$  との外積を算出し、算出されたベクトルを正規化したベクトルを、水平方向ベクトル  $h(h_x, h_y, h_z)$  とする。

#### 【0071】

図 2において、調整部 125 は、投射面  $PF$  において、上記の鉛直方向に直交する一辺と、上記の水平方向に直交する他辺とを有する矩形の表示画像  $DP$  が表示されるように、当該表示画像  $DP$  の一部を含む投射画像  $PP1$  及び  $PP2$  の形状を調整する。図 8 は、調整部 125 の機能を示す機能ブロック図である。調整部 125 は、変換行列算出部 125-1 と、投射領域検出部 125-2 と、座標系変換部 125-3 と、探索部 125-4 と、座標値算出部 125-5 と、幾何変形部 125-6 とを備える。

#### 【0072】

変換行列算出部 125-1 は、第 1 撮像装置 20-1 から見た 3 次元座標系である第 1 カメラ座標系から、投射面  $PF$  を正面から見た場合の 3 次元座標系への変換行列を算出する。具体的には、変換行列算出部 125-1 は、法線ベクトル  $n(n_x, n_y, n_z)$ 、鉛直方向ベクトル  $v(v_x, v_y, v_z)$ 、及び水平方向ベクトル  $h(h_x, h_y, h_z)$  の 3 つのベクトルを行ベクトルに有する  $3 \times 3$  の変換行列  $R$  を、以下の数式 (4) によって定義する。

#### 【数 4】

$$R = \begin{pmatrix} h_x & h_y & h_z \\ v_x & v_y & v_z \\ n_x & n_y & n_z \end{pmatrix} \quad \text{数式 (4)}$$

10

20

30

40

50

後述の座標系変換部 125-3 は、変換行列  $R$  を用いることで、第1撮像装置 20-1 から見た3次元座標系で表される点の3次元の座標値を、投射面  $P_F$  を正面から見た場合の3次元座標系である投射面座標系での3次元の座標値に変換できる。

【0073】

投射領域検出部 125-2 は、第1撮像装置 20-1 による撮像画像上での各プロジェクター 10 の投射領域を検出する。具体的には、投射領域検出部 125-2 は、対応関係取得部 122-1 が取得した、第1撮像装置 20-1 による撮像画像上における対応点群の座標値から、各プロジェクター 10 に備わる液晶パネル 160 の四隅に対応する座標に最も近い4つの格子点の座標値を抽出する。これら4つの格子点によって囲われる領域は、投射領域とほぼ一致する。なお、投射領域検出部 125-2 は、第1カメラ画像座標系と、各プロジェクター 10 におけるパネル画像座標系との間の射影変換行列を予め算出しておき、液晶パネル 160 の四隅の点の座標値を、第1カメラ画像座標系へ射影することで、余白のない四隅の点の座標値を取得してもよい。

【0074】

座標系変換部 125-3 は、第1カメラ画像座標系における投射領域の座標値を、投射面座標系での座標値に変換する。具体的には、座標系変換部 125-3 は、第1カメラ画像座標系における投射領域の四隅の点の座標値を、第1撮像装置 20-1 の内部パラメータを用いることによって、第1カメラ正規化座標系での投射領域の四隅の点の座標値に変換する。当該変換処理は、平面姿勢推定部 122-3 が実行する変換処理と同様の変換処理である。更に、座標系変換部 125-3 は、第1カメラ正規化座標系での投射領域の四隅の点の座標値を、平面パラメータ ( $a, b, c$ ) を用いることによって、第1カメラ座標系での投射領域の四隅の点の座標値に変換する。当該変換処理は、面上変換部 123 が実行する変換処理と同様の変換処理である。更に、座標系変換部 125-3 は、第1カメラ座標系での投射領域の四隅の点の座標値を、変換行列  $R$  を用いることによって、投射面座標系での投射領域の四隅の点の座標値に変換する。具体的には、第1カメラ座標系での投射領域の四隅の点の座標値を、 $(X_1, Y_1, Z_1)$  とした場合、座標系変換部 125-3 は、3次元の投射面座標系における投射領域の四隅の点の座標値  $(X_S, Y_S, Z_S)$  を、以下の式 (5) によって算出する。

【数5】

$$\begin{pmatrix} X_S \\ Y_S \\ Z_S \end{pmatrix} = R \begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{pmatrix} \quad \text{式 (5)}$$

最後に、座標系変換部 125-3 は、 $(X_S, Y_S, Z_S)$  のうち  $X, Y$  成分である ( $X_S, Y_S$ ) のみを抽出することにより、2次元の投射面座標系における投射領域の四隅の点の座標値  $(X_S, Y_S)$  を算出する。なお、当該2次元の投射面座標系は、投射面  $P_F$  内の座標系である。

【0075】

探索部 125-4 は、投射面  $P_F$  において、第1プロジェクター 10-1 による投射領域、及び第2プロジェクター 10-2 による投射領域の双方の和となる領域である全体領域に内接する最大面積の長方形を探索する。図 9 は、第1プロジェクター 10-1 による

10

20

30

40

50

投射領域 A R 1、第 2 プロジェクター 10 - 2 による投射領域 A R 2、及び最大面積の長方形 S Q の一例を示す図である。探索部 125 - 4 は、全体領域の中で複数の長方形 S Q を描画し、これら複数の長方形 S Q の中で面積が最大となる長方形 S Q を選択してもよい。あるいは、探索部 125 - 4 は、動的計画法を用いて、面積が最大となる長方形 S Q を決定してもよい。この時探索される長方形 S Q のアスペクト比は、ユーザーが事前に指定したアスペクト比であってもよい。あるいは、特に当該指定が無ければ、探索部 125 - 4 は、アスペクト比を問わず、全体領域の中で最大面積となるような長方形 S Q を決定してもよい。探索部 125 - 4 は、2 次元の投射面座標系において、上記の手法により決定された長方形 S Q の四隅の座標を、投射面座標系における補正後連結領域として保存する。

10

#### 【 0 0 7 6 】

座標値算出部 125 - 5 は、探索部 125 - 4 によって保存された補正後連結領域の四隅の座標値を用いて、第 1 プロジェクター 10 - 1 における第 1 パネル画像座標系、及び第 2 プロジェクター 10 - 2 における第 2 パネル画像座標系における、補正後連結領域の四隅の座標値を算出する。図 10 ~ 図 12 は、座標値算出部 125 - 5 の動作についての説明図である。

#### 【 0 0 7 7 】

最初に、座標値算出部 125 - 5 は、図 9 に示される補正後連結領域としての長方形 S Q を、図 10 に示されるように、第 1 プロジェクター 10 - 1 と第 2 プロジェクター 10 - 2 の各々の液晶パネル 160 のアスペクト比に一致する 2 つの長方形 S Q 1 と S Q 2 とに分割する。このとき、座標値算出部 125 - 5 は、長方形 S Q 1 の左辺が、長方形 S Q の左辺と一致し、長方形 S Q 2 の右辺が、長方形 S Q の右辺と一致するようにする。また、座標値算出部 125 - 5 は、長方形 S Q 1 及び長方形 S Q 2 の各々の四隅の座標を、投射面座標系における補正後四隅座標とする。

20

#### 【 0 0 7 8 】

次に、座標値算出部 125 - 5 は、第 1 パネル画像座標系での補正前の投射領域 A R 1 の四隅座標の座標値と、投射面座標系での補正後の投射領域 A R 1' の四隅座標の座標値とを取得する。このとき、第 1 パネル画像座標系での補正前の投射領域 A R 1 の四隅座標の座標値は、第 1 プロジェクター 10 - 1 のパネル解像度から得ることができる。

30

#### 【 0 0 7 9 】

次に、座標値算出部 125 - 5 は、第 1 パネル画像座標系での補正前の投射領域 A R 1 の四隅座標の座標値から、投射面座標系での補正後の投射領域 A R 1' の四隅座標の座標値への対応関係に基づいて、射影変換行列 H 1 を算出する。当該射影変換行列 H 1 は、投射面座標系から第 1 パネル画像座標系への射影変換行列である。

#### 【 0 0 8 0 】

最後に、座標値算出部 125 - 5 は、図 11 に示されるように、射影変換行列 H 1 を用いることにより、投射面座標系における長方形 S Q 1 の補正後四隅座標を、第 1 パネル画像座標系へと射影することによって、最終的な出力である、第 1 パネル画像座標系における長方形 S Q 1' の補正後四隅座標を算出できる。

40

#### 【 0 0 8 1 】

同様に、座標値算出部 125 - 5 は、第 2 パネル画像座標系での補正前の投射領域 A R 2 の四隅座標の座標値と、投射面座標系での補正後の投射領域 A R 2' の四隅座標の座標値とを取得する。このとき、第 2 パネル画像座標系での補正前の投射領域 A R 2 の四隅座標の座標値は、第 2 プロジェクター 10 - 2 のパネル解像度から得ることができる。

#### 【 0 0 8 2 】

次に、座標値算出部 125 - 5 は、第 2 パネル画像座標系での補正前の投射領域 A R 2 の四隅座標の座標値から、投射面座標系での補正後の投射領域 A R 2' の四隅座標の座標値への対応関係に基づいて、射影変換行列 H 2 を算出する。当該射影変換行列 H 2 は、投射面座標系から第 2 パネル画像座標系への射影変換行列である。

50

#### 【 0 0 8 3 】

最後に、座標値算出部 125-5 は、図 12 に示されるように、射影変換行列  $H_2$  を用いることにより、投射面座標系における長方形  $SQ_2$  の補正後四隅座標を、第 2 パネル画像座標系へと射影することによって、最終的な出力である、第 2 パネル画像座標系における長方形  $SQ_2'$  の補正後四隅座標を算出できる。

#### 【0084】

図 8において、幾何変形部 125-6 は、座標値算出部 125-5 によって算出された長方形  $SQ_1'$  の補正後四隅座標、及び長方形  $SQ_2'$  の補正後四隅座標を用いて、投射画像を幾何変形する。

#### 【0085】

図 2において、投射制御部 126 は、上記のパターン画像を、投射装置 11 から、投射面  $PF$  に向けて投射させる。また、投射制御部 126 は、上記のパターン画像を、第 2 プロジェクター 10-2 に出力した後、第 2 プロジェクター 10-2 によって、投射面  $PF$  に向けて投射させる。

#### 【0086】

また、投射制御部 126 は、調整部 125 によって調整された投射画像を、投射装置 11 から、投射面  $PF$  に向けて投射させる。また、投射制御部 126 は、調整部 125 によって調整された投射画像を、第 2 プロジェクター 10-2 に出力した後、第 2 プロジェクター 10-2 によって、投射面  $PF$  に向けて投射させる。具体的には投射制御部 126 は、図 11 に示される長方形  $SQ_1'$  の形状に補正された投射画像を、投射装置 11 から投射面  $PF$  に向けて投射させる。同様に投射制御部 126 は、図 12 に示される長方形  $SQ_2'$  の形状に補正された投射画像を、第 2 プロジェクター 10-2 から投射面  $PF$  に向けて投射させる。

#### 【0087】

なお、図示はしないが、第 1 プロジェクター 10-1 は、その他、通常のプロジェクターに備わる機能を有する。

#### 【0088】

### 1-3：第 2 プロジェクターの構成

図 13 は、第 2 プロジェクター 10-2 の構成を示すブロック図である。なお、説明の簡略化のため、以下では、第 2 プロジェクター 10-2 に備わる構成要素のうち、第 1 プロジェクター 10-1 に備わる構成要素と同一の構成要素については、同一の符号を用いると共に、その機能の詳細な説明を省略する。第 2 プロジェクター 10-2 は、投射装置 11、処理装置 12A、記憶装置 13A、及び通信装置 14 を備える。第 2 プロジェクター 10-2 の各要素は、情報を通信するための単体又は複数のバスで相互に接続される。また、第 2 プロジェクター 10-2 の各要素は、単数又は複数の機器で構成され、第 2 プロジェクター 10-2 の一部の要素は省略されてもよい。

#### 【0089】

処理装置 12A は、第 2 プロジェクター 10-2 の全体を制御するプロセッサであり、例えば、単数又は複数のチップで構成される。処理装置 12A は、例えば、周辺装置とのインターフェース、演算装置及びレジスタ等を含む CPU で構成される。なお、処理装置 12A の機能の一部又は全部を、DSP、ASIC、PLD、FPGA 等のハードウェアによって実現してもよい。処理装置 12A は、各種の処理を並列的又は逐次的に実行する。

#### 【0090】

記憶装置 13A は、処理装置 12A が読み取可能な記録媒体であり、処理装置 12A が実行する制御プログラム PR1A を含む複数のプログラムを記憶する。記憶装置 13A は、例えば、ROM、EPROM、EEPROM、RAM 等の少なくとも 1 つによって構成されてもよい。記憶装置 13A は、レジスタ、キャッシュ、メインメモリ又は主記憶装置等と呼ばれてもよい。

#### 【0091】

処理装置 12A は、記憶装置 13A から制御プログラム PR1A を読み出して実行することによって、取得部 121A、及び投射制御部 126A として機能する。なお、制御ブ

10

20

30

40

40

50

ログラム P R 1 A は、通信網 N E T を介して、第 2 プロジェクター 1 0 - 2 を管理するサーバなどの他の装置から送信されてもよい。

【 0 0 9 2 】

取得部 1 2 1 A は、通信装置 1 4 を介して、第 1 プロジェクター 1 0 - 1 から、パターン画像を取得する。また、取得部 1 2 1 A は、通信装置 1 4 を介して、第 1 プロジェクター 1 0 - 1 から、当該第 1 プロジェクター 1 0 - 1 によって調整された投射画像を取得する。

【 0 0 9 3 】

投射制御部 1 2 6 A は、取得部 1 2 1 A が取得したパターン画像を、投射装置 1 1 によって、投射面 P F に向けて投射させる。また、投射制御部 1 2 6 A は、取得部 1 2 1 A が取得した、第 1 プロジェクター 1 0 - 1 によって調整された投射画像を、投射装置 1 1 によって、投射面 P F に向けて投射させる。

【 0 0 9 4 】

1 - 4 : 実施形態の動作

図 1 4 及び図 1 5 は、第 1 実施形態に係る第 1 プロジェクター 1 0 - 1 の動作を示すフローチャートである。以下、図 1 4 及び図 1 5 を参照することにより、第 1 プロジェクター 1 0 - 1 の動作について説明する。

【 0 0 9 5 】

ステップ S 1 1 において、処理装置 1 2 は、投射制御部 1 2 6 として機能する。処理装置 1 2 は、投射装置 1 1 によって、パターン画像を投射面 P F に対して投射させる。同様に、処理装置 1 2 は、第 2 プロジェクター 1 0 - 2 によって、パターン画像を投射面 P F に対して投射させる。

【 0 0 9 6 】

ステップ S 1 2 において、処理装置 1 2 は、第 1 撮像画像取得部 1 2 2 - 1 A 及び第 2 撮像画像取得部 1 2 2 - 1 B として機能する。処理装置 1 2 は、第 1 撮像装置 2 0 - 1 によって撮像されたパターン画像の撮像画像を取得する。また、処理装置 1 2 は、第 2 撮像装置 2 0 - 2 によって撮像されたパターン画像の撮像画像を取得する。更に、処理装置 1 2 は、対応関係取得部 1 2 2 - 1 として機能する。処理装置 1 2 は、第 1 カメラ画像座標系と第 1 パネル画像座標系との対応関係、第 1 カメラ画像座標系と第 2 パネル画像座標系との対応関係、第 2 カメラ画像座標系と第 1 パネル画像座標系との対応関係、及び第 2 カメラ画像座標系と第 2 パネル画像座標系との対応関係を取得する。

【 0 0 9 7 】

ステップ S 1 3 において、処理装置 1 2 は、軸方向検出部 1 2 2 - 2 として機能する。処理装置 1 2 は、カメラ画像座標系において、パネル画像座標系での水平中央軸が対応する軸の方向である、パネル水平中央軸方向を検出する。

【 0 0 9 8 】

ステップ S 1 4 において、処理装置 1 2 は、平面姿勢推定部 1 2 2 - 3 として機能する。処理装置 1 2 は、第 1 撮像装置 2 0 - 1 に対する投射面 P F の姿勢を推定する。

【 0 0 9 9 】

ステップ S 1 5 において、処理装置 1 2 は、面上変換部 1 2 3 として機能する。処理装置 1 2 は、投射面 P F の平面パラメータを用いて、カメラ画像座標系における 2 次元のパネル水平中央軸方向ベクトルを、投射面 P F 上における 3 次元のパネル水平中央軸方向ベクトルに変換する。

【 0 1 0 0 】

ステップ S 1 6 において、処理装置 1 2 は、法線方向取得部 1 2 4 - 1 として機能する。処理装置 1 2 は、投射面 P F の法線方向を取得する。

【 0 1 0 1 】

ステップ S 1 7 において、処理装置 1 2 は、鉛直方向取得部 1 2 4 - 2 として機能する。処理装置 1 2 は、投射面 P F の鉛直方向を取得する。

【 0 1 0 2 】

10

20

30

40

50

ステップ S 18において、処理装置 12は、水平方向取得部 124 - 3として機能する。処理装置 12は、投射面 P Fの水平方向を取得する。

【0103】

ステップ S 19において、処理装置 12は、変換行列算出部 125 - 1として機能する。処理装置 12は、第1撮像装置 20 - 1から見た3次元座標系である第1カメラ座標系から、投射面 P Fを正面から見た場合の3次元座標系への変換行列を算出する。

【0104】

ステップ S 20において、処理装置 12は、投射領域検出部 125 - 2として機能する。処理装置 12は、第1撮像装置 20 - 1による撮像画像上での各プロジェクター 10の投射領域を検出する。

10

【0105】

ステップ S 21において、処理装置 12は、座標系変換部 125 - 3として機能する。処理装置 12は、第1カメラ画像座標系における投射領域の座標値を、投射面座標系での座標値に変換する。

【0106】

ステップ S 22において、処理装置 12は、探索部 125 - 4として機能する。処理装置 12は、第1プロジェクター 10 - 1による投射領域 A R 1、及び第2プロジェクター 10 - 2による投射領域 A R 2の双方の和となる領域である全体領域に内接する最大面積の長方形 S Qを探索する。

20

【0107】

ステップ S 23において、処理装置 12は、座標値算出部 125 - 5として機能する。処理装置 12は、探索部 125 - 4によって保存された補正後連結領域の四隅の座標値を用いて、第1プロジェクター 10 - 1における第1パネル画像座標系における長方形 S Q 1'、及び第2プロジェクター 10 - 2における第2パネル画像座標系における長方形 S Q 2'の四隅の座標値を算出する。

【0108】

ステップ S 24において、処理装置 12は、幾何変形部 125 - 6として機能する。処理装置 12は、長方形 S Q 1'の補正後四隅座標、及び長方形 S Q 2'の補正後四隅座標を用いて、投射画像を幾何変形する。

30

【0109】

ステップ S 25において、処理装置 12は、投射制御部 126として機能する。処理装置 12は、調整された投射画像を、投射装置 11、及び第2プロジェクター 10 - 2の各々から、投射面 P Fに向けて投射させる。

【0110】

2：変形例

本開示は、以上に例示した実施形態に限定されない。具体的な変形の態様を以下に例示する。

【0111】

2 - 1：変形例 1

上記の実施形態において、変換行列取得部 122 - 3 Aは、第1カメラ正規化座標系から第2カメラ正規化座標系への射影変換行列を算出し、取得する。しかし、変換行列取得部 122 - 3 Aが算出し、取得する射影変換行列は、第1カメラ正規化座標系から第2カメラ正規化座標系への射影変換行列に限定されない。

40

【0112】

例えば、変換行列取得部 122 - 3 Aは、第1プロジェクター 10 - 1に備わる投射装置 11における第1パネル画像座標系から、第1カメラ正規化座標系への射影変換行列を算出し、取得してもよい。この場合、第1撮像装置 20 - 1は、「第1の装置」の一例である。第1プロジェクター 10 - 1に備わる投射装置 11は、「第1投射装置」の一例である。また、第1パネル画像座標系は、「第3座標系」の一例である。第1カメラ正規化座標系は、「第1座標系」の一例である。

50

## 【0 1 1 3】

あるいは、変換行列取得部 1 2 2 - 3 A は、第 1 カメラ正規化座標系から、第 1 プロジェクター 1 0 - 1 に備わる投射装置 1 1 における第 1 パネル画像座標系への射影変換行列を算出し、取得してもよい。この場合、第 1 撮像装置 2 0 - 1 は、「第 1 の装置」の一例である。第 1 プロジェクター 1 0 - 1 に備わる投射装置 1 1 は、「第 1 投射装置」の一例である。また、第 1 カメラ正規化座標系は、「第 1 座標系」の一例である。「第 1 パネル画像座標系」は、「第 3 座標系」の一例である。

## 【0 1 1 4】

あるいは、変換行列取得部 1 2 2 - 3 A は、第 1 プロジェクター 1 0 - 1 に備わる投射装置 1 1 における第 1 パネル画像座標系から、第 2 プロジェクター 1 0 - 2 に備わる投射装置 1 1 における第 2 パネル画像座標系への射影変換行列を算出し、取得してもよい。この場合、第 1 プロジェクター 1 0 - 1 に備わる投射装置 1 1 は、「第 1 投射装置」の一例である。第 2 プロジェクター 1 0 - 2 に備わる投射装置 1 1 は、「第 2 の装置」の一例である。また、第 1 パネル画像座標系は、「第 1 座標系」の一例である。第 2 パネル画像座標系は「第 2 座標系」の一例である。

10

## 【0 1 1 5】

あるいは、変換行列取得部 1 2 2 - 3 A は、第 2 プロジェクター 1 0 - 2 に備わる投射装置 1 1 における第 2 パネル画像座標系から、第 1 プロジェクター 1 0 - 1 に備わる投射装置 1 1 における第 1 パネル画像座標系への射影変換行列を算出し、取得してもよい。

20

## 【0 1 1 6】

あるいは、変換行列取得部 1 2 2 - 3 A は、第 1 カメラ正規化座標系から、第 2 プロジェクター 1 0 - 2 に備わる投射装置 1 1 における第 2 パネル画像座標系への射影変換行列を算出し、取得してもよい。この場合、第 1 撮像装置 2 0 - 1 は、「第 1 の装置」の一例である。第 2 プロジェクター 1 0 - 2 に備わる投射装置 1 1 は、「第 2 の装置」の一例である。また、第 1 カメラ正規化座標系は、「第 1 座標系」の一例である。また、「第 2 パネル画像座標系」は、「第 2 座標系」の一例である。

20

## 【0 1 1 7】

あるいは、変換行列取得部 1 2 2 - 3 A は、第 2 プロジェクター 1 0 - 2 に備わる投射装置 1 1 における第 2 パネル画像座標系から、第 1 カメラ正規化座標系への射影変換行列を算出し、取得してもよい。この場合、第 2 プロジェクター 1 0 - 2 に備わる投射装置 1 1 は、「第 1 の装置」の一例である。第 1 撮像装置 2 0 - 1 は、「第 2 の装置」の一例である。また、「第 2 パネル画像座標系」は、「第 1 座標系」の一例である。第 1 カメラ正規化座標系は、「第 2 座標系」の一例である。

30

## 【0 1 1 8】

あるいは、変換行列取得部 1 2 2 - 3 A は、第 1 カメラ画像座標系から、第 2 カメラ画像座標系への射影変換行列を算出し、取得してもよい。この場合、第 1 撮像装置 2 0 - 1 は、「第 1 の装置」の一例である。第 2 撮像装置 2 0 - 2 は、「第 2 の装置」の一例である。また、第 1 カメラ画像座標系は、「第 1 座標系」の一例である。第 2 カメラ画像座標系は、「第 2 座標系」の一例である。この場合、第 1 カメラ画像座標系から第 1 カメラ正規化座標系への変換、及び、第 2 カメラ画像座標系から第 2 カメラ正規化座標系への変換は、必須の動作とならない。

40

## 【0 1 1 9】

## 2 - 2 : 変形例 2

上記の実施形態において、第 1 プロジェクター 1 0 - 1 に備わる処理装置 1 2 は、機能ブロックとして、取得部 1 2 1 、3 次元形状算出部 1 2 2 、面上変換部 1 2 3 、方向取得部 1 2 4 、調整部 1 2 5 、及び投射制御部 1 2 6 を備える。しかし、通信網 N E T に接続される、第 1 プロジェクター 1 0 - 1 とは別体の情報処理装置が、これらの機能ブロックのうち、1 つ以上を備えてもよい。当該情報処理装置は、P C 、スマートフォン、又はタブレットのうちいずれかであってもよい。あるいは、これらの機能ブロックは、アプリケーションとして、通信網 N E T に接続される端末装置に配布されてもよい。

50

## 【0120】

2-3: 変形例3

上記の実施形態において、投射システム1は、第1プロジェクター10-1と第2プロジェクター10-2の2台のプロジェクター10を備える。しかし、投射システム1は、任意の台数のプロジェクター10を備えることができる。

## 【0121】

投射システム1が、1台の第1プロジェクター10-1のみを備える場合、投射面PF上における第1プロジェクター10-1に係る3次元のパネル水平中央軸方向ベクトルHV1の示す第1方向が、鉛直方向となる。

## 【0122】

2-4: 変形例4

上記の実施形態において、第1プロジェクター10-1と、第1撮像装置20-1とは、互いに別体となっていた。しかし、これら2つの装置が、同一の筐体に格納される単一の装置として実現されてもよい。第2プロジェクター10-2と、第2撮像装置20-2についても同様である。

## 【0123】

2-5: 変形例5

上記の実施形態において、投射システム1は、第1撮像装置20-1及び第2撮像装置20-2の代わりに、2つの撮像装置を有するステレオカメラを用いてもよい。あるいは、投射システム1は、第1撮像装置20-1及び第2撮像装置20-2の代わりに、単独で3次元計測が可能なTOFカメラを用いてもよい。

## 【0124】

3: 本開示のまとめ

以下、本開示のまとめを付記する。

(付記1) 第1投射装置から、少なくとも4つの単位画像を含む第1パターン画像が投射される平面の投射面を撮像することで、第1レンズを備える第1の装置に対応する第1撮像画像を取得することと、前記投射面を撮像することで、第2レンズを備える第2の装置に対応する第2撮像画像を取得することと、前記第1撮像画像と、前記第2撮像画像と、に基づいて、前記第1の装置における第1座標系から前記第2の装置における第2座標系への変換と、前記第1投射装置における第3座標系から前記第1の装置における前記第1座標系への変換と、前記第1の装置における前記第1座標系から前記第1プロジェクターにおける前記第3座標系への変換と、のうちのいずれか1つの変換を示す射影変換行列を取得することと、前記射影変換行列を用いて、前記投射面の平面パラメータを取得することと、前記平面パラメータに基づいて調整した投射画像を、前記第1投射装置から前記投射面に投射させることと、を含み、前記第1の装置と前記第2の装置のうち、少なくとも1つは撮像装置であること、を特徴とする投射画像の調整方法。

## 【0125】

上記の投射画像の調整方法により、射影変換行列を用いて投射面の平面パラメータを取得し、取得した平面パラメータに基づいて投射画像の調整を行うことができる。このため、投射システム1のユーザーは、各プロジェクターに内蔵される撮像手段の代わりに外部の撮像装置を用いる場合、装置間の位置関係に関するパラメータを手動で較正する必要がない。この結果、ユーザーにとっての利便性が低下する可能性を抑制できる。

## 【0126】

(付記2) 前記射影変換行列を取得することは、前記第1撮像画像において、前記少なくとも4つの単位画像が位置する、前記第1座標系での各座標値を、前記第1の装置における正規化座標系での座標値に変換した第1変換座標値群を取得することと、前記第2撮像画像において、前記少なくとも4つの単位画像が位置する、前記第2座標系での各座標値を、前記第2の装置における正規化座標系での座標値に変換した第2変換座標値群を取得することと、前記第1変換座標値群に含まれる少なくとも4つの座標値を、前記少なくとも4つの座標値と1対1に対応する前記第2変換座標値群に含まれる少なくとも4つの座

10

20

30

40

50

標値へ変換する前記射影変換行列を取得することと、を含む、付記1に記載の投射画像の調整方法。

【0127】

上記の投射画像の調整方法により、第1プロジェクター10-1は、第1の装置の正規化座標系と、第2の装置の正規化座標系との間の射影変換行列を取得することができる。第1プロジェクター10-1は、当該射影変換行列を分解することにより、外部パラメータが未知の撮像装置を用いる構成であっても、平面パラメータを取得することができる。

【0128】

(付記3)前記射影変換行列を取得することは、前記第1撮像画像を、前記第1の装置における第1正規化座標系での画像に変換した第1変換画像を取得することと、前記第2撮像画像を、前記第2の装置における第2正規化座標系での画像に変換した第2変換画像を取得することと、前記第1変換画像に含まれる前記少なくとも4つの単位画像の、前記第1正規化座標系での位置を示す、第1変換座標値群を取得することと、前記第2変換画像に含まれる前記少なくとも4つの単位画像の、前記第2正規化座標系での位置を示す、第2変換座標値群を取得することと、前記第1変換座標値群に含まれる少なくとも4つの座標値を、前記少なくとも4つの座標値と1対1に対応する前記第2変換座標値群に含まれる少なくとも4つの座標値へ変換する前記射影変換行列を取得することと、を含む、付記1の投射画像の調整方法。

10

【0129】

上記の投射画像の調整方法により、第1プロジェクター10-1は、第1の装置の正規化座標系と、第2の装置の正規化座標系との間の射影変換行列を取得することができる。第1プロジェクター10-1は、当該射影変換行列を分解することにより、外部パラメータが未知の撮像装置を用いる構成であっても、平面パラメータを取得することができる。

20

【0130】

(付記4)前記第1の装置から前記第2の装置に向かう方向を表す第1方向を取得することを更に含み、前記投射面の平面パラメータを取得することは、前記射影変換行列を用いた方程式の、第1の解と、第2の解と、を取得することと、前記第1の解によって示される、前記第1の装置から前記第2の装置に向かう方向が、前記第1方向と一致し、前記第2の解によって示される、前記第1の装置から前記第2の装置に向かう方向が、前記第1方向と一致しなかった場合に、前記第1の解によって示される、前記投射面の平面パラメータを取得することを含む、付記1から付記3のいずれか1に記載の投射画像の調整方法。

30

【0131】

上記の投射画像の調整方法により、第1の装置から第2の装置に向かう方向を表す第1方向を取得することで、第1プロジェクター10-1は、上記の射影変換行列から、最適な平面パラメータを取得することができる。

40

【0132】

(付記5)前記第1方向を指定する操作を外部から受け付けることを更に含む、付記4に記載の投射画像の調整方法。

【0133】

上記の投射画像の調整方法により、第1プロジェクター10-1は、ユーザーからの入力に基づいて、撮像装置間の位置関係を取得できる。

40

【0134】

(付記6)前記第1の装置は、第1プロジェクターの筐体に配置される、前記第1プロジェクターとは別体の第1のカメラであり、前記第2の装置は、第2プロジェクターの筐体に配置される、前記第2プロジェクターとは別体の第2のカメラであり、前記第1プロジェクターは、前記第1投射装置を備え、前記第1方向を取得することは、前記第2プロジェクターから投射される第2パターン画像が投射された前記投射面を、前記第1の装置で撮像した第3撮像画像を取得することと、前記第1撮像画像と、前記第3撮像画像と、に基づいて、前記第1の装置が撮像する撮像画像の位置を規定する撮像画像座標系において

50

、前記第1パターン画像から、前記第2パターン画像までの方向を表す前記第1方向を取得することと、を含む、付記4に記載の投射画像の調整方法。

【0135】

第1撮像装置20-1が第1プロジェクター10-1に取り付けられている場合、投射画像の位置関係とカメラの位置関係とが対応していると仮定できる。上記の投射画像の調整方法により、第1プロジェクター10-1は、投射画像を撮像した撮像画像に基づいて、投射画像の位置関係をカメラ間の位置関係とみなすことができ、第1方向を取得することができる。

【0136】

(付記7) 第1投射装置と、前記第1投射装置から、少なくとも4つの単位画像を含む第1パターン画像が投射される平面の投射面を撮像することで、第1撮像画像を生成する、第1レンズを備える第1の装置と、前記投射面を撮像することで、第2撮像画像を生成する、第2レンズを備える第2の装置と、前記第1撮像画像を取得することと、前記第2撮像画像を取得することと、前記第1撮像画像と、前記第2撮像画像と、に基づいて、前記第1の装置における第1座標系から前記第2の装置における第2座標系への変換と、前記第1投射装置における第3座標系から前記第1の装置における前記第1座標系への変換と、前記第1の装置における前記第1座標系から前記第1プロジェクターにおける前記第3座標系への変換と、のうちのいずれか1つの変換を示す射影変換行列を取得することと、前記射影変換行列を用いて、前記投射面の平面パラメータを取得する第4取得部と、前記平面パラメータに基づいて調整した投射画像を、前記第1投射装置から前記投射面に投射させることと、を実行する処理装置と、を備え、前記第1の装置と前記第2の装置のうち、少なくとも1つは撮像装置であること、を特徴とする投射システム。

10

20

30

40

【0137】

上記の投射システムにより、射影変換行列を用いて投射面の平面パラメータを取得し、取得した平面パラメータに基づいて投射画像の調整を行うことができる。このため、ユーザーは、各プロジェクターに内蔵される撮像手段の代わりに外部の撮像装置を用いる場合、装置間の位置関係に関するパラメータを手動で較正する必要がない。この結果、ユーザーにとっての利便性が低下する可能性を抑制できる。

【0138】

(付記8) 第1投射装置から、少なくとも4つの単位画像を含む第1パターン画像が投射される平面の投射面を撮像することで、第1レンズを備える第1の装置に対応する第1撮像画像を取得することと、前記投射面を撮像することで、第2レンズを備える第2の装置に対応する第2撮像画像を取得することと、前記第1撮像画像と、前記第2撮像画像と、に基づいて、前記第1の装置における第1座標系から前記第2の装置における第2座標系への変換と、前記第1投射装置における第3座標系から前記第1の装置における前記第1座標系への変換と、前記第1の装置における前記第1座標系から前記第1投射装置における前記第3座標系への変換と、のうちのいずれか1つの変換を示す射影変換行列を取得することと、前記射影変換行列を用いて、前記投射面の平面パラメータを取得することと、前記平面パラメータに基づいて調整した投射画像を、前記第1投射装置から前記投射面に投射させることと、をコンピュータに実行させ、前記第1の装置と前記第2の装置のうち、少なくとも1つは撮像装置であること、を特徴とする情報処理用プログラム。

【0139】

上記の情報処理用プログラムにより、射影変換行列を用いて投射面の平面パラメータを取得し、取得した平面パラメータに基づいて投射画像の調整を行うことができる。このため、投射システム1のユーザーは、各プロジェクターに内蔵される撮像手段の代わりに外部の撮像装置を用いる場合、装置間の位置関係に関するパラメータを手動で較正する必要がない。この結果、ユーザーにとっての利便性が低下する可能性を抑制できる。

【符号の説明】

【0140】

10...プロジェクター、10-1...第1プロジェクター、10-2...第2プロジェクター

50

、 1 1 ... 投射装置、 1 2 , 1 2 A ... 处理装置、 1 3 , 1 3 A ... 記憶装置、 1 4 ... 通信装置  
 、 2 0 ... 摄像装置、 2 0 - 1 ... 第 1 摄像装置、 2 0 - 2 ... 第 2 摄像装置、 1 1 0 ... 光学系  
 、 1 2 1 , 1 2 1 A ... 取得部、 1 2 2 ... 3 次元形状算出部、 1 2 2 - 1 ... 対応関係取得部  
 、 1 2 2 - 1 A ... 第 1 摄像画像取得部、 1 2 2 - 1 B ... 第 2 摄像画像取得部、 1 2 2 - 2  
 ... 軸方向検出部、 1 2 2 - 3 ... 平面姿勢推定部、 1 2 2 - 3 A ... 変換行列取得部、 1 2 2  
 - 3 B ... 平面パラメータ取得部、 1 2 3 ... 面上変換部、 1 2 4 ... 方向取得部、 1 2 4 - 1  
 ... 法線方向取得部、 1 2 4 - 2 ... 鉛直方向取得部、 1 2 4 - 3 ... 水平方向取得部、 1 2 5  
 ... 調整部、 1 2 5 - 1 ... 変換行列算出部、 1 2 5 - 2 ... 投射領域検出部、 1 2 5 - 3 ... 座  
 標系変換部、 1 2 5 - 4 ... 探索部、 1 2 5 - 5 ... 座標値算出部、 1 2 5 - 6 ... 幾何変形部  
 、 1 2 6 , 1 2 6 A ... 投射制御部、 1 4 0 ... 照明装置、 1 5 0 ... 分離光学系、 1 5 1 , 1  
 5 2 , 1 5 5 ... ミラー、 1 5 3 , 1 5 4 ... ダイクロイックミラー、 1 6 0 ... 液晶パネル、  
 1 8 0 ... 投射光学系、 1 8 1 ... ダイクロイックプリズム、 1 8 2 ... 光路シフト素子、 1 8  
 3 ... 投射レンズ系、 A R 1 , A R 2 ... 投射領域、 H V 1 , H V 2 ... パネル水平中央軸方向  
 ベクトル、 P P 1 , P P 2 ... 投射画像、 P R 1 , P R 1 A ... 制御プログラム、 S Q 1 , S  
 Q 2 ... 長方形

10

20

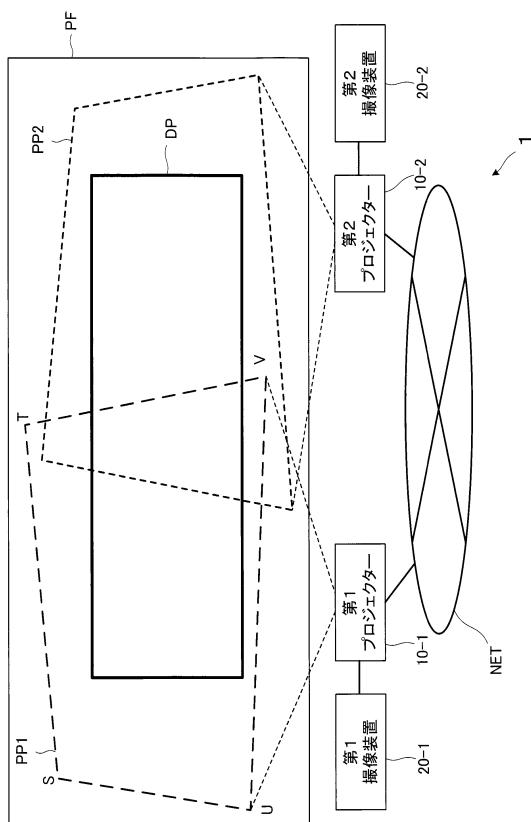
30

40

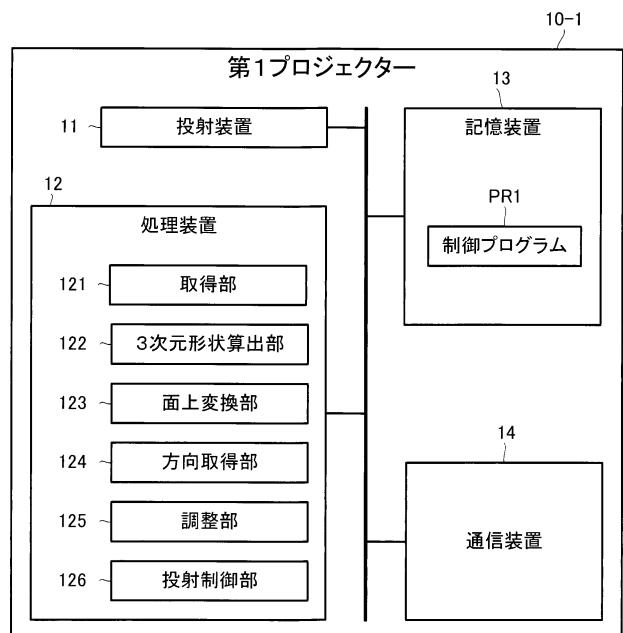
50

【図面】

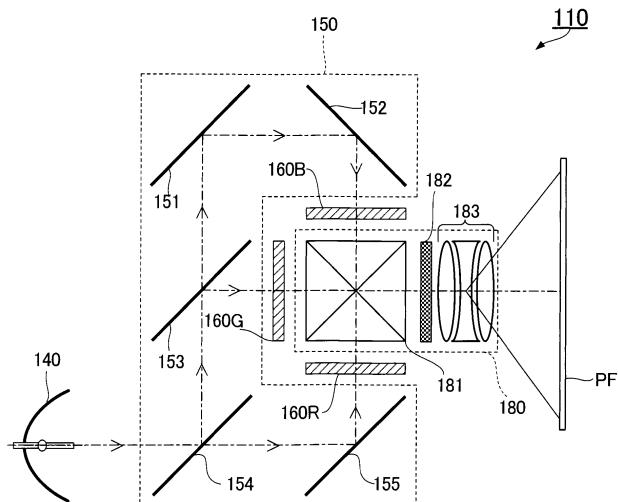
【図 1】



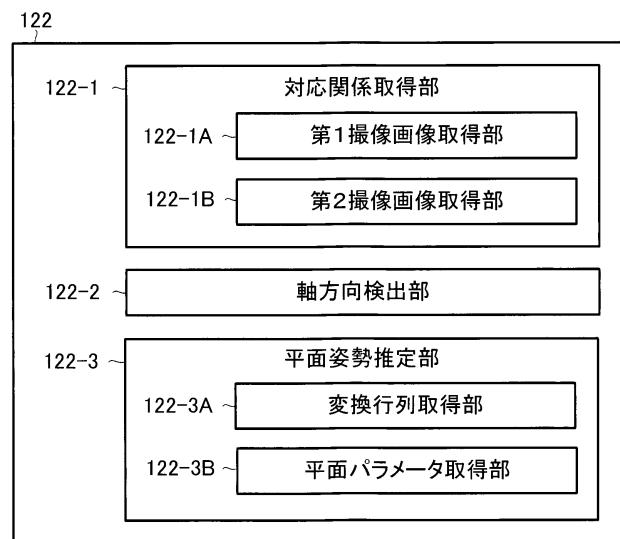
【図 2】



【図3】



【図4】



10

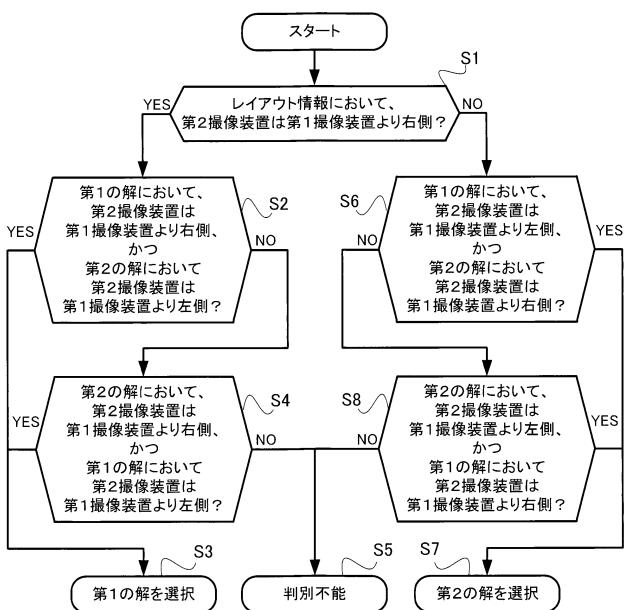
20

30

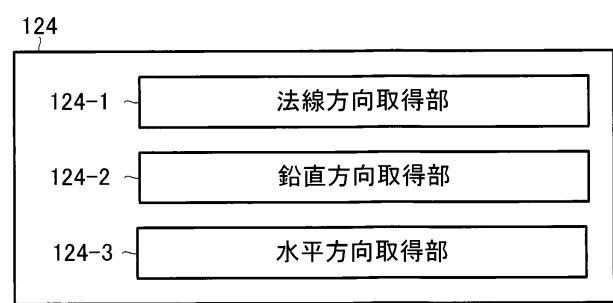
40

50

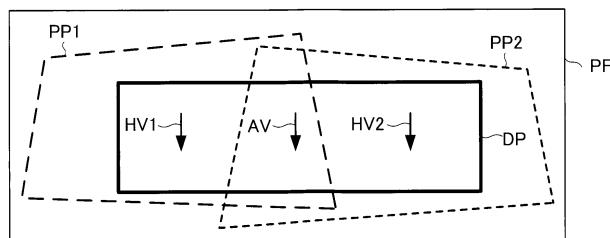
【図5】



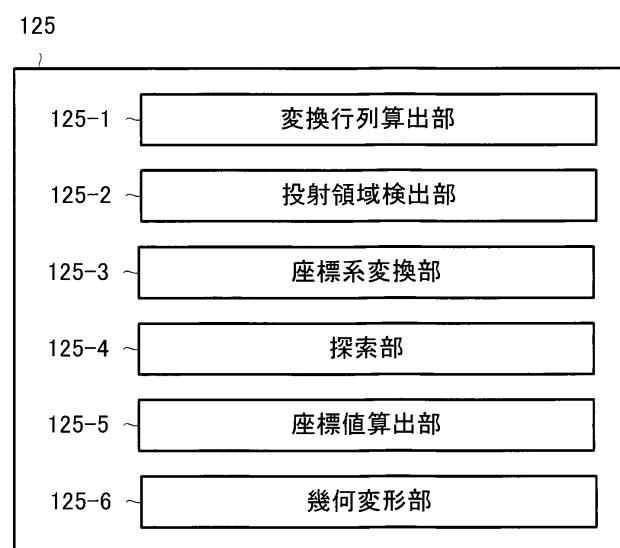
【図6】



【図7】



【図8】



10

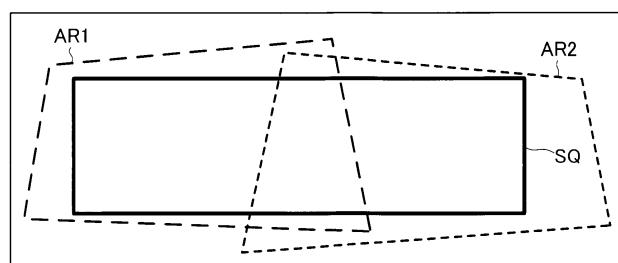
20

30

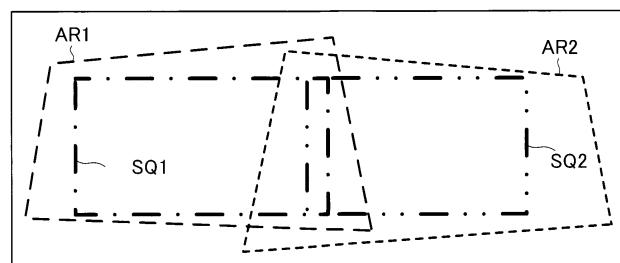
40

50

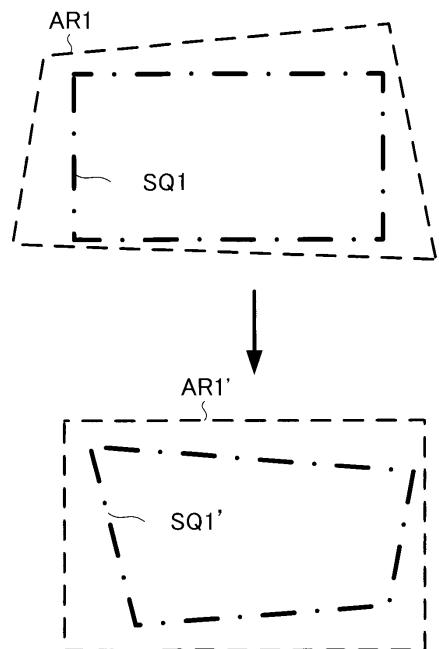
【図9】



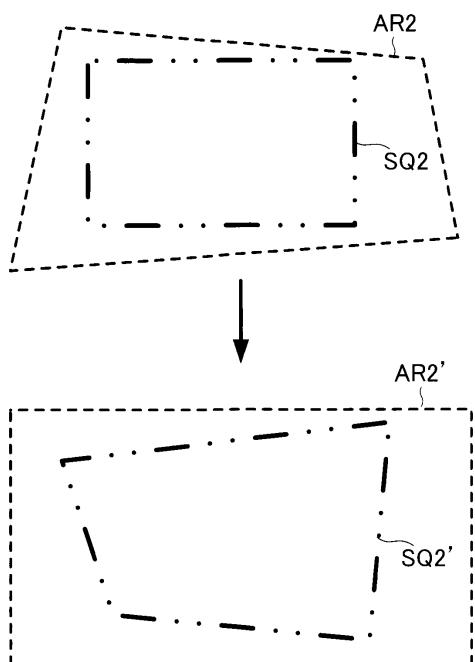
【図10】



【図11】



【図12】



10

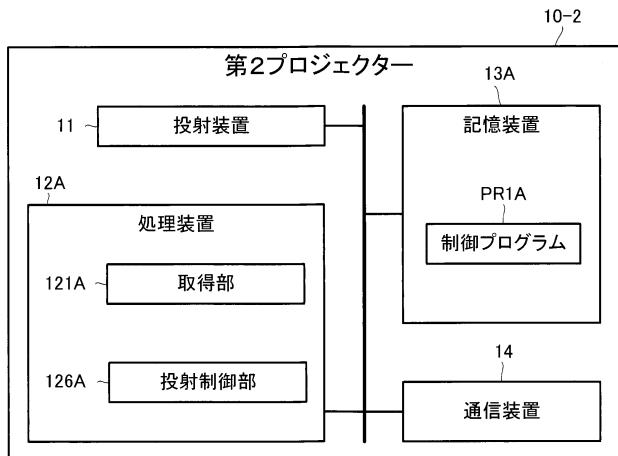
20

30

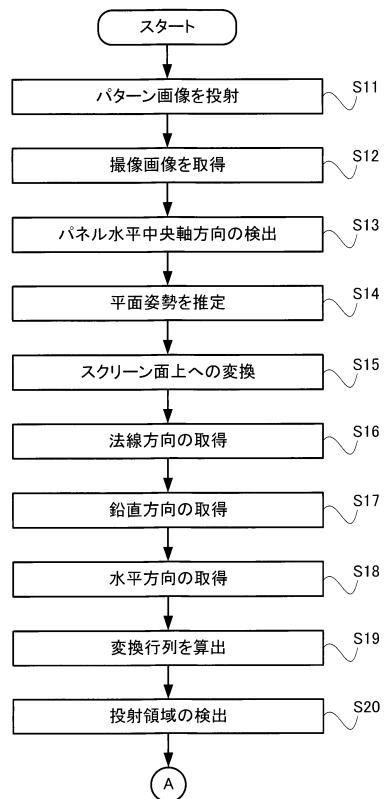
40

50

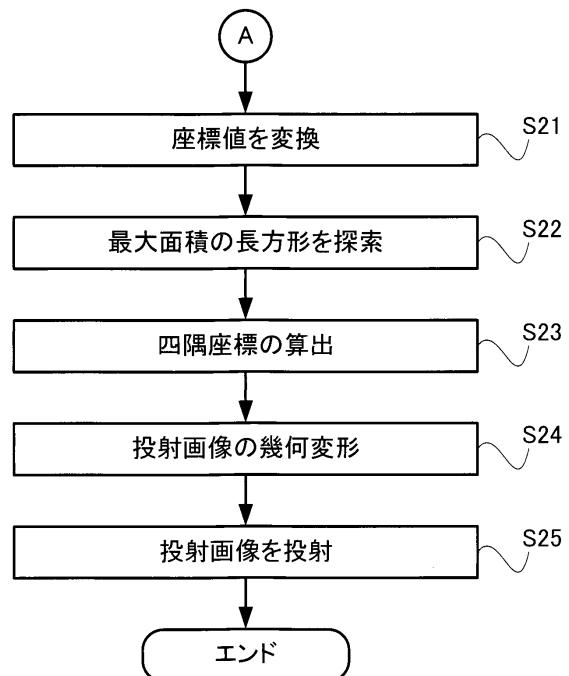
【図13】



【図14】



【図15】



10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

F ターム (参考) 2K203 FA03 FA23 FA34 FA43 FA62 FA93 GC25 GC26 HB05 HB14  
KA56 MA23  
5C058 BA23 BA27 EA03