

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016年10月6日(06.10.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/158166 A1

- (51) 国際特許分類:
H04N 5/74 (2006.01) G09G 5/36 (2006.01)
G03B 21/14 (2006.01) H04N 9/31 (2006.01)
G09G 5/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/056253
- (22) 国際出願日: 2016年3月1日(01.03.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-068987 2015年3月30日(30.03.2015) JP
特願 2016-007581 2016年1月19日(19.01.2016) JP
- (71) 出願人: 株式会社メガチップス (MEGACHIPS CORPORATION) [JP/JP]; 〒5320003 大阪府大阪市淀川区宮原一丁目1番1号 Osaka (JP). 任天堂株式会社 (NINTENDO CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6018501 京都府京都市南区上鳥羽鉾立町11番地1 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 田中 基康 (TANAKA, Motoyasu); 〒5320003 大阪府大阪市淀川区宮原一丁目1番1号 株式会社メガチップス内 Osaka (JP). 原口雄基 (HARAGUCHI, Yuki); 〒5320003 大阪府大阪市淀川区宮原一丁目1番1号 株式会社メガ

チップス内 Osaka (JP). 新宮 史也 (SHINGU, Fumiya); 〒5320003 大阪府大阪市淀川区宮原一丁目1番1号 株式会社メガチップス内 Osaka (JP). 川井 英次 (KAWAI, Eizi); 〒6018501 京都府京都市南区上鳥羽鉾立町11番地1 任天堂株式会社内 Kyoto (JP). 細井 一弘 (HOSOI, Kazuhiro); 〒6018501 京都府京都市南区上鳥羽鉾立町11番地1 任天堂株式会社内 Kyoto (JP).

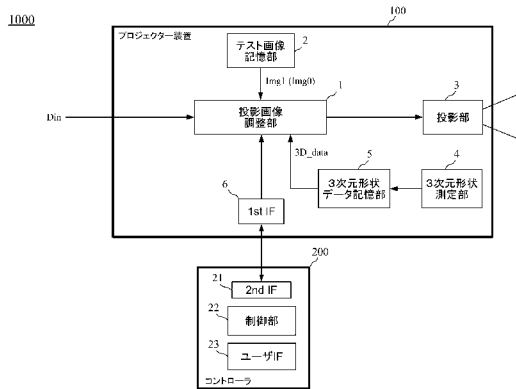
(74) 代理人: 坂根 剛, 外 (SAKANE, Tsuyoshi et al.); 〒5300004 大阪府大阪市北区堂島浜2丁目2番28号 堂島アクシスビル インテリクス特許法律事務所 Osaka (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) Title: PROJECTION SYSTEM, PROJECTOR DEVICE, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 投影システム、プロジェクター装置、および、プログラム



- 1 Projection image adjustment unit
- 2 Test image storage unit
- 3 Projection unit
- 4 Three-dimensional shape measurement unit
- 5 Three-dimensional shape data storage unit
- 6 1st interface
- 21 2nd interface
- 22 Control unit
- 23 User interface
- 100 Projector device
- 200 Controller

FIG. 1

(57) Abstract: The present invention realizes a projection system for easily and appropriately reducing the geometric distortion of an image projected to a projection plane. The projection unit (3) of a projection system (1000) projects a test image to the projection plane. A three-dimensional shape measurement unit (4) measures the three-dimensional shape of the projection plane. A controller (200) generates a control signal. A projection image adjustment unit (1) executes, in accordance with the control signal, a correction process and a rotation process on the test image on the basis of data of the measured three-dimensional shape, so that the geometric distortion of an image is reduced when seen from a user's viewpoint.

(57) 要約: 投影面に投影された画像の幾何的な歪みを、容易かつ適切に、低減させる投影システムを実現する。投影システム(1000)の投影部(3)は、投影面にテスト画像を投影する。3次元形状測定部(4)は、投影面の3次元形状を測定する。コントローラ(200)は、制御信号を生成する。投影画像調整部(1)は、制御信号に従い、計測された3次元形状データに基づいて、ユーザーの視点から見たときに、幾何学的な画像歪みが低減された状態とするように、テスト画像に対して補正処理、回転処理を実行する。



(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,

SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

投影システム、プロジェクター装置、および、プログラム

技術分野

[0001] 本発明は、投影型プロジェクター装置で投影される画像（映像）を適切に表示するための技術に関する。

背景技術

[0002] 投影型プロジェクター装置で投影される画像（映像）を、ユーザー視点から見たときに生ずる幾何学的な歪みを補正する多様な技術が開発されている。

[0003] 例えば、特許文献1（特開2006-33357号公報）には、スクリーン自体の歪みによる映像の歪みを補正することが可能な映像投影装置の開示がある。この映像投影装置では、プロジェクターからスクリーンにテスト画像を投影し、投影されたテスト画像をカメラ付き携帯電話によって撮像し、カメラ付き携帯電話によって撮像された画像に基づいて、幾何補正を実行する。これにより、この映像投影装置では、スクリーン自体の歪みによる映像の歪み（幾何学的な歪み）を補正することができる。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、上記の従来技術では、カメラ付き携帯電話によって撮像された画像に基づいて、幾何補正を実行するため、カメラ付き携帯電話のような撮影機能を有する機器が別途必要になる。このような撮影機能を有する機器を用いずに、投影型プロジェクター装置によりスクリーンに投影された画像の幾何補正を行う場合、例えば、ユーザーに、スクリーンに投影した長方形のパターンの4つの頂点を移動させ、幾何的な歪みのない長方形のパターンが投影されるように、投影型プロジェクター装置の投影状態を調整させることが考えられる。すなわち、ユーザーに4点幾何補正を実行させることが

考えられる。このような4点幾何補正は、一般ユーザーには、操作が難しく、完全に幾何的な歪みのない状態の投影が実現されるように、投影型プロジェクター装置を調整することは困難である。

[0005] 一般に、投影型プロジェクター装置が投影対象とするのは、垂直に設置された平面スクリーンであることが多い。このため、完全に幾何的な歪みのない状態の投影が実現されなくても、ユーザーにとって、投影された画像の幾何的な歪みが気にならない程度の投影状態に、投影型プロジェクター装置を調整することは十分可能である。これは、ユーザーが、垂直に設置されている平面スクリーンに投影されていることを正しく認識でき、上下方向を正しく認識することが容易であるため、垂直面である平面スクリーンに投影されている画像に、多少の幾何的な歪みが存在していても違和感を抱かないためである。

[0006] ところが、投影対象（投影面）を、例えば、床と平行に設置されている天井（以下、これを「水平天井」という。）として、水平天井に投影型プロジェクター装置から画像を投影した場合、投影面を垂直平面としたときには許容されるレベルの幾何的な歪みをさらに低減させる必要がある。これは、投影面を水平天井とする場合、ユーザーが、投影される画像の上下方向を感覚的に認識することが容易ではないため、垂直平面に投影された画像において違和感を発生させなかったレベルの幾何的な歪みが、水平平面に投影された画像においては、ユーザーに違和感を抱かせるためである。

[0007] そこで、本発明は、撮影機能を有する機器を用いることなく、水平投影面（例えば、水平天井）やユーザーの両眼を結ぶ直線と平行な平面（例えば、前方傾斜平面や後方傾斜平面）に投影された画像の幾何的な歪みを、容易かつ適切に、低減させる投影システム、プロジェクター装置、および、プログラムを実現することを目的とする。

[0008] また、投影対象（投影面）を、例えば、ユーザーの上方に設置された所定の角度に傾斜した傾斜平面（例えば、傾斜天井）として、当該傾斜平面に投影型プロジェクター装置から画像を投影した場合、投影面を垂直平面とした

ときには許容されるレベルの幾何的な歪みをさらに低減させる必要がある。これは、投影面を傾斜平面（例えば、傾斜天井）とする場合、ユーザーが、投影される画像の上下方向を感覚的に認識することが容易ではないため、垂直平面に投影された画像において違和感を発生させなかったレベルの幾何的な歪みが、傾斜平面（例えば、傾斜天井）に投影された画像においては、ユーザーに違和感を抱かせるためである。

[0009] そこで、本発明は、撮影機能を有する機器を用いることなく、傾斜平面（例えば、傾斜天井）に投影された画像の幾何的な歪みを、容易かつ適切に、低減させる投影システム、プロジェクター装置、および、プログラムを実現することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0010] 上記課題を解決するために、第1の発明は、左眼視点と右眼視点とを結ぶ直線と平行な平面を投影面とし、ユーザーの視点から見たときに幾何学的な画像歪みが低減された状態となるように画像を投影する投影システムであって、投影部と、3次元形状測定部と、コントローラと、投影画像調整部と、を備える。

[0011] 投影部は、投影面に画像を投影する投影部であって、テスト画像を投影する。

[0012] 3次元形状測定部は、投影面の3次元形状を測定する。

[0013] コントローラは、ユーザーの操作に基づく制御信号を生成する。

(1) 投影画像調整部は、3次元形状測定部により計測された3次元形状データに基づいて、投影部の投影軸と投影面との交点である投影中心点を通り、投影面の法線上の点である第1点から見たときに、幾何学的な画像歪みが低減された状態とするように、テスト画像に対して画像変換処理である補正処理を実行する。

(2) 投影画像調整部は、制御信号に従い回転角度を決定し、第1点から投影面を見たときに、補正処理後のテスト画像の投影部による投影面への投影画像が投影中心点を中心として、制御信号に従い決定された回転角度だけ回

転した画像となるように、補正処理後のテスト画像に対して画像変換処理である回転処理を実行する。

[0014] この投影システムでは、表示したときの上部が分かるテスト画像を、左眼視点と右眼視点とを結ぶ直線と平行な平面を投影面（例えば、水平天井平面等の水平投影面）に投影し、例えば、ユーザーがコントローラにより、テスト画像の変化する状態を確認しながら、投影面内で投影画像を回転させる処理を実行させることで、投影面に投影されている画像の幾何的な歪みをなくす（低減させる）ことができる。

[0015] したがって、この投影システムでは、撮影機能を有する機器を用いることなく、左眼視点と右眼視点とを結ぶ直線と平行な平面を投影面（例えば、水平天井平面等の水平投影面）に投影された画像の幾何的な歪みを、容易かつ適切に、なくす（低減させる）ことができる。

[0016] なお、「左眼視点と右眼視点とを結ぶ直線と平行な平面を投影面」とは、例えば、床と水平な平面を投影面や、前方傾斜平面や、後方傾斜平面である。「左眼視点と右眼視点とを結ぶ直線」とは、例えば、ユーザーが床に対して直立しているときの当該床と平行な直線である。

[0017] 「前方傾斜平面」とは、床と水平な直線（あるいは、ユーザーの左眼視点と右眼視点とを通る直線と平行な直線）となる軸を回転軸として、床と水平な平面を回転させた平面であって、ユーザーから見て、左右のどちらにも傾いておらず、かつ、前方向（ユーザから見たときに手前となる方向）に傾斜している平面のことをいう。

[0018] 「後方傾斜平面」とは、床と水平な直線（あるいは、ユーザーの左眼視点と右眼視点とを通る直線と平行な直線）となる軸を回転軸として、床と水平な平面を回転させた平面であって、ユーザーから見て、左右のどちらにも傾いておらず、かつ、後ろ方向（ユーザから見たときに奥となる方向）に傾斜している平面のことをいう。

[0019] 「投影面の3次元形状」の測定とは、例えば、（1）投影面の法線を求め、投影部と投影面との位置関係を明確にする測定、あるいは、（2）投影部

の投影軸（投影部の光学系の光軸）と投影面との角度を求め、投影部と投影面との位置関係を明確にする測定を含む概念である。

[0020] 「幾何学的な画像歪みが低減された状態」とは、例えば、投影部と投影面との位置関係（投影軸と投影面の角度）により生じた投影画像の幾何学的な画像ひずみが低減され、元画像（原画像）の形状が維持された状態のことをいう。

[0021] また、「補正処理後のテスト画像の投影部による投影面への投影画像が投影中心点を中心として、制御信号に従い決定された回転角度だけ回転した画像となるように、補正処理後のテスト画像に対して」実行される「画像変換処理」とは、例えば、以下の処理により実現されてもよい。

[0022] すなわち、3次元空間を $x y z$ 座標で定義される空間とし、投影中心点を原点 $(x, y, z) = (0, 0, 0)$ として、投影面を $x y$ 平面上に設定し、補正処理後のテスト画像の画素 $P \times$ の座標を (x_1, y_1, z_1) とし、画素 $P \times$ の画像変換処理後の座標を (x_1', y_1', z_1') とすると、下記（数式1）に相当する処理を行うことで、上記「画像変換処理」が実行されるものであってもよい。これにより、画素 $P \times$ は、座標 (x_1, y_1, z_1) から座標 (x_1', y_1', z_1') へ移動され、上記の「補正処理後のテスト画像」を、 z 軸周りに角度 θ だけ回転させた画像を取得することができる。

[数1]

$$\begin{pmatrix} x_1' \\ y_1' \\ z_1' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{pmatrix} \quad \dots\dots\dots(1)$$

第2の発明は、第1の発明であって、テスト画像は、表示画面に表示されている状態において、画像上の縦方向に延びる縦基準線を含む画像である。

[0023] 投影画像調整部は、制御信号に従い歪み低減量を決定し、投影面に投影さ

れた投影画像の縦基準線を含む平面であって、投影面と垂直な平面内に含まれる点から投影面を見たときに、歪み低減量に相当する分だけ、縦基準線上の1つの点である第1直交点を通り、縦基準線と直交する方向の投影画像の長さである第1距離と、縦基準線上の第1直交点以外の点である第2直交点を通り、縦基準線と直交する方向の投影画像の長さである第2距離との差が小さくなるように（縦基準線と直交する方向に発生している幾何的な歪みが低減されるように（例えば、縦基準線と直交する投影画像の一方の辺の長さ、縦基準線と直交する投影画像の他方の辺の長さとの差が小さくなるように））、回転処理後のテスト画像に対して画像変換処理である台形補正処理を実行する。

[0024] この投影システムでは、表示したときの上部が分かるテスト画像を左眼視点と右眼視点とを結ぶ直線と平行な平面を投影面（例えば、水平天井平面等の水平投影面）に投影し、例えば、ユーザーがコントローラにより、（1）投影面内で投影画像を回転させる処理を実行させた後、（2）投影面に投影されている画像の台形補正処理を実行させることで、投影面に投影されている画像の幾何的な歪みをなくす（低減させる）ことができる。

[0025] したがって、この投影システムでは、撮影機能を有する機器を用いることなく、左眼視点と右眼視点とを結ぶ直線と平行な平面を投影面（例えば、水平天井平面等の水平投影面）に投影された画像の幾何的な歪みを、容易かつ適切に、なくす（低減させる）ことができる。

[0026] なお、「縦基準線と直交する方向に発生している幾何的な歪みが低減される」とは、例えば、投影画像の上方（画像を表示させたときの垂直方向の上方）において、縦基準線と直交する方向の投影画像の長さ（投影画像の幅）と、投影画像の下方（画像を表示させたときの垂直方向の下方）において、縦基準線と直交する方向の投影画像の長さ（投影画像の幅）との差が小さくなる、という概念を含む。

[0027] 第3の発明は、第2の発明であって、投影画像調整部は、回転処理および台形補正処理の少なくとも一方の処理が実行されたテスト画像を投影面に投

影したときの画像の投影状態を調整するための微調整部を備える。

- [0028] この投影システムでは、微調整部により、上記調整処理を実行するので、例えば、3次元形状測定処理の誤差を修正し、さらに精度の高い画像投影処理（画像の幾何的な歪みの低減処理）を実行することができる。
- [0029] 第4の発明は、第2または第3の発明であって、テスト画像は、表示画面に表示されている状態において、画像上の上部を判別することができるパターンを含む画像である。
- [0030] これにより、上部を容易に判別することができるテスト画像を用いて、投影システムでの処理を実行することができる。
- [0031] 第5の発明は、第2から第4のいずれかの発明であって、テスト画像は、複数の正方形の格子パターンからなる格子状パターンを含む画像である。
- [0032] この投影システムでは、このテスト画像（正方形の格子からなる格子状画像）を投影し、投影されたテスト画像の幾何学的な歪みがなくなるように、例えば、コントローラにより、調整処理（画像の幾何的な歪みを低減させるための調整処理）を実行させることができる。このため、この投影システムでは、このテスト画像を用いることで、感覚的に分かりやすい処理により、容易に調整処理（画像の幾何的な歪みを低減させるための調整処理）を実行させることができる。
- [0033] 第6の発明は、第5の発明であって、テスト画像は、第1の模様を有する第1格子パターンと、第2の模様を有する第2格子パターンとが、幾何学的な歪みがない状態において、テスト画像上の第1方向、および、テスト画像上において第1方向と直交する第2方向において、交互に配置されることで形成される格子状パターンを含む画像である。
- [0034] この投影システムでは、このテスト画像を投影し、投影されたテスト画像の幾何学的な歪みがなくなるように、例えば、コントローラにより、調整処理（画像の幾何的な歪みを低減させるための調整処理）を実行させることができる。このため、この投影システムでは、このテスト画像を用いることで、感覚的に分かりやすい処理により、容易に調整処理（画像の幾何的な歪み

を低減させるための調整処理) を実行させることができる。

[0035] 第7の発明は、第1から第5のいずれかの発明である投影システムに用いられるプロジェクター装置であって、投影部と、投影画像調整部とを備える。

[0036] これにより、第1から第6のいずれかの発明である投影システムに用いられるプロジェクター装置を実現することができる。

[0037] 第8の発明は、左眼視点と右眼視点とを結ぶ直線と平行な平面を投影面とし、ユーザーの視点から見たときに幾何学的な画像歪みが低減された状態となるように画像を投影する投影方法をコンピュータに実行させるためのプログラムである。

[0038] 投影方法は、投影ステップと、3次元形状測定ステップと、ユーザーの操作に基づく制御信号を生成するステップと、投影画像調整ステップと、を備える。

[0039] 投影ステップは、投影面にテスト画像を投影する。

[0040] 3次元形状測定ステップは、投影面の3次元形状を測定する。

(1) 投影画像調整ステップは、3次元形状測定ステップにより計測された3次元形状データに基づいて、投影ステップにおける投影軸と投影面との交点である投影中心点を通り、投影面の法線上の点である第1点から見たときに、幾何学的な画像歪みが低減された状態とするように、テスト画像に対して画像変換処理である補正処理を実行する。

(2) 投影画像調整ステップは、制御信号に従い回転角度を決定し、第1点から投影面を見たときに、補正処理後のテスト画像の投影ステップによる投影面への投影画像が投影中心点を中心として、制御信号に従い決定した回転角度だけ回転した画像となるように、補正処理後のテスト画像に対して画像変換処理である回転処理を実行する。

[0041] これにより、第1の発明と同様の効果を奏する投影方法をコンピュータに実行させるためのプログラムを実現することができる。

[0042] 第9の発明は、第8の発明であって、テスト画像は、表示画面に表示され

ている状態において、画像上の縦方向に延びる縦基準線を含む画像である。

[0043] 投影画像調整ステップは、制御信号に従い歪み低減量を決定し、投影面に投影された投影画像の縦基準線を含む平面であって、投影面と垂直な平面内に含まれる点から投影面を見たときに、制御信号に従い決定した歪み低減量に相当する分だけ、縦基準線と直交する方向に発生している幾何的な歪みが低減されるように、回転処理後の前記テスト画像に対して画像変換処理である台形補正処理を実行する。

[0044] これにより、第2の発明と同様の効果を奏する投影方法をコンピュータに実行させるためのプログラムを実現することができる。

[0045] 第10の発明は、左眼視点と右眼視点とを含む平面に平行な平面であって、右眼角膜および左眼角膜の共通の接平面である当該平面に対して、傾斜した平面を投影面とし、ユーザーの視点から見たときに幾何学的な画像歪みが低減された状態となるように画像を投影する投影システムであって、投影部と、3次元形状測定部と、コントローラと、投影画像調整部と、を備える。

[0046] 投影部は、投影面に画像を投影する投影部であって、画像の垂直方向を規定する縦基準線を有する第1テスト画像を投影するとともに、画像の水平方向を規定する横基準線を有する第2テスト画像を投影する。

[0047] 3次元形状測定部は、投影面の3次元形状を測定する。

[0048] コントローラは、ユーザーの操作に基づく制御信号を生成する。

[0049] 投影画像調整部は、以下の処理を実行する。

(1A) 投影画像調整部は、3次元形状測定部により計測された3次元形状データに基づいて、投影部の投影軸と投影面との交点である投影中心点を通り、投影面の法線上の点である第1点から見たときに、幾何学的な画像歪みが低減された状態とするように、第1テスト画像に対して画像変換処理である補正処理を実行する。

(2A) 投影画像調整部は、制御信号に従い第1回転角度を決定し、第1点から投影面を見たときに、補正処理後の第1テスト画像の投影部による投影面への投影画像が投影中心点を中心として、第1回転角度だけ回転した画像

となるように、補正処理後の第1テスト画像に対して画像変換処理である第1回転処理を実行する。

(1B) 投影画像調整部は、3次元形状測定部により計測された3次元形状データに基づいて、投影部の投影軸と投影面との交点である投影中心点を通り、投影面の法線上の点である第1点から見たときに、幾何学的な画像歪みが低減された状態とするように、第2テスト画像に対して画像変換処理である補正処理を実行する。

(2B) 投影画像調整部は、制御信号に従い第2回転角度を決定し、第1点から投影面を見たときに、補正処理後の第2テスト画像の投影部による投影面への投影画像が投影中心点を中心として、第2回転角度だけ回転した画像となるように、補正処理後の第2テスト画像に対して画像変換処理である第2回転処理を実行する。

(3) 投影画像調整部は、第1回転処理後の第1テスト画像の投影面上の縦基準線を含む直線である第1直線と、第2回転処理後の第2テスト画像の投影面上の縦基準線を含む直線である第2直線とに基づいて、第1直線と第2直線とが直交して見える視点候補点を決定し、決定した視点候補点から見たときに幾何学的な画像歪みが低減された状態とするように、投影面に投影される画像を変換する視点特定処理を実行する。

[0050] この投影システムでは、上記のようにして視点特定処理が実行され、ユーザーの視点から見たときに幾何的な歪みのない画像（幾何的な歪みの低減された画像）を、例えば、傾斜天井平面に投影することができる。

[0051] したがって、この投影システムでは、撮影機能を有する機器を用いることなく、傾斜投影面（例えば、傾斜天井）に投影された画像の幾何的な歪みを、容易かつ適切に、なくす（低減させる）ことができる。

[0052] 第11の発明は、第10の発明であって、投影画像調整部は、以下の処理を実行する。

[0053] 投影画像調整部は、投影部の光軸をz軸とし、投影部の光軸を法線とする平面をx-y平面とするようにx軸およびy軸を設定したx-y-z座標空間にお

いて、

第1回転処理後の第1テスト画像の投影面上の縦基準線を含む直線である第1直線上の点を点P aとし、点P aの座標を (a x , a y , a z) とし、

第2回転処理後の第2テスト画像の投影面上の横基準線を含む直線である第2直線上の点を点P bとし、点P bの座標を (b x , b y , b z) とし、

第1直線と第2直線との交点を点P cとして算出し、算出した点P cの座標を (c x , c y , c z) としたとき、

$$A = -a x \times b y + a y \times b x$$

$$B = -a x \times b z + a z \times b x$$

$$C = -a z \times b y + a y \times b z$$

に相当する処理を実行し、係数A、B、Cを取得する。

[0054] 投影画像調整部は、

[数2]

$$R_x = \frac{1}{\sqrt{A^2 + B^2}} \begin{pmatrix} \sqrt{A^2 + B^2} & 0 & 0 \\ 0 & A & B \\ 0 & -B & A \end{pmatrix} \dots\dots\dots(2)$$

[数3]

$$R_y = \frac{1}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}} \begin{pmatrix} \sqrt{A^2 + B^2} & 0 & C \\ 0 & \sqrt{A^2 + B^2 + C^2} & 0 \\ -C & 0 & \sqrt{A^2 + B^2} \end{pmatrix} \dots\dots\dots(3)$$

[数4]

$$Rz = \frac{1}{k1} \begin{pmatrix} a_y A + a_z B & -a_x \sqrt{A^2 + B^2 + C^2} & 0 \\ a_x \sqrt{A^2 + B^2 + C^2} & a_y A + a_z B & 0 \\ 0 & 0 & k1 \end{pmatrix}$$

$$k1 = \sqrt{a_x^2 (A^2 + B^2 + C^2) + (a_y A + a_z B)^2} \dots\dots\dots(4)$$

により、回転行列 R x、R y、R z を取得する。

[0055] 投影画像調整部は、回転行列 R x、R y、R z の合成行列を R

$$R = R z \cdot R y \cdot R x$$

に相当する処理を実行することで取得し、上記回転行列の逆行列を R⁻¹ として取得する。

[0056] 投影画像調整部は、点 P b の座標 (b x、b y、b z) に対して、合成行列により変換した点を点 P b' として取得し、点 P b' の座標を (b x'、b y'、b z') として取得し、

コントローラからの制御信号に基づいて、角度 θ を決定する。

[0057] 投影画像調整部は、係数 A' を

[数5]

$$A' = b_y'^2 + b_x'^2 \sin^2 \theta \dots\dots\dots(5)$$

により取得し、

視点候補点の座標 (x、y、z) を、

[数6]

$$\begin{aligned}
 Vp = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} &= R^{-1} R'^T V' + \begin{pmatrix} c_x \\ c_y \\ c_z \end{pmatrix} = R^{-1} R'^T \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} c_x \\ c_y \\ c_z \end{pmatrix} \\
 &= \frac{R^{-1}}{\sqrt{b_y'^2 + b_x'^2 \sin^2 \theta}} \begin{pmatrix} \pm b_x' \sin^2 \theta \\ \pm b_y' \\ \mp b_x' \sin \theta \cos \theta \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} c_x \\ c_y \\ c_z \end{pmatrix} \\
 &\dots\dots\dots(6)
 \end{aligned}$$

[数7]

$$\begin{aligned}
 R' &= \frac{1}{k2} \begin{pmatrix} \cos \theta & 0 & \sin \theta \\ \pm b_y' \sin \theta & \mp b_x' \sin \theta & \mp b_y' \cos \theta \\ \pm b_x' \sin^2 \theta & \pm b_y' & \mp b_x' \sin \theta \cos \theta \end{pmatrix} \\
 k2 &= \sqrt{b_y'^2 + b_x'^2 \sin^2 \theta} \\
 &\dots\dots\dots(7)
 \end{aligned}$$

$$V' = (0, 0, 1)$$

により算出する。

[0058] この投影システムでは、上記のようにして視点特定処理が実行され、ユーザーの視点から見たときに幾何的な歪みのない画像（幾何的な歪みの低減された画像）を、例えば、傾斜天井平面に投影することができる。

[0059] したがって、この投影システムでは、撮影機能を有する機器を用いることなく、傾斜投影面（例えば、傾斜天井）に投影された画像の幾何的な歪みを、容易かつ適切に、なくす（低減させる）ことができる。

[0060] 第12の発明は、第10または第11の発明であって、第1テスト画像は

、表示画面に表示されている状態において、第1テスト画像の中心点を通る縦基準線を含む。

[0061] これにより、この投影システムでは、投影面上の第1テスト画像の縦基準線を含む第1直線を特定することが容易になる。

[0062] 第13の発明は、第10または第11の発明であって、第2テスト画像は、表示画面に表示されている状態において、第2テスト画像の中心点を通る横基準線を含む。

[0063] これにより、この投影システムでは、投影面上の第2テスト画像の横基準線を含む第1直線を特定することが容易になる。

[0064] 第14の発明は、第10から第13のいずれかの発明であって、第1テスト画像は、表示画面に表示されている状態において、画像上の上部を判別することができるパターンを含む画像である。

[0065] これにより、この投影システムでは、投影面上の投影画像の上下を容易に特定することができる。

[0066] 第15の発明は、第10から第14のいずれかの発明であって、投影部は、視点特定処理が実行される場合、複数の正方形の格子パターンからなる格子状パターンを含む第3テスト画像を投影する。

[0067] これにより、この投影システムでは、格子状パターンの歪度合いを容易に把握し、投影されている画像の歪度合いを容易に認識することができる。

[0068] 第16の発明は、第15の発明であって、第3テスト画像は、第1の模様を有する第1格子パターンと、第2の模様を有する第2格子パターンとが、幾何学的な歪みがない状態において、テスト画像上の第1方向、および、テスト画像上において第1方向と直交する第2方向において、交互に配置されることで形成される格子状パターンを含む画像である。

[0069] これにより、この投影システムでは、格子状パターンの歪度合いを容易に把握し、投影されている画像の歪度合いを容易に認識することができる。

[0070] 第17の発明は、第10から第16のいずれかの発明である投影システムに用いられるプロジェクター装置であって、投影部と、投影画像調整部とを

備える。

[0071] これにより、第1から第7のいずれかの発明である投影システムに用いられるプロジェクター装置を実現することができる。

第18の発明は、ユーザーの操作に基づく制御信号を生成するコントローラを用いて実行される投影方法であって、左眼視点と右眼視点とを含む平面に平行な平面であって、右眼角膜および左眼角膜の共通の接平面である当該平面に対して、傾斜した平面を投影面とし、ユーザーの視点から見たときに幾何学的な画像歪みが低減された状態となるように画像を投影する投影方法をコンピュータで実行するためのプログラムである。

[0072] 投影方法は、投影ステップと、3次元形状測定ステップと、コントローラと、投影画像調整ステップと、を備える。

[0073] 投影ステップは、投影面に画像を投影する投影ステップであって、画像の垂直方向を規定する縦基準線を有する第1テスト画像を投影するとともに、画像の水平方向を規定する横基準線を有する第2テスト画像を投影する。

[0074] 3次元形状測定ステップは、投影面の3次元形状を測定する。

[0075] 投影画像調整ステップは、以下の処理を実行する。

(1A) 投影画像調整ステップは、3次元形状測定ステップにより計測された3次元形状データに基づいて、投影ステップで画像を投影するための投影軸と投影面との交点である投影中心点を通り、投影面の法線上の点である第1点から見たときに、幾何学的な画像歪みが低減された状態とするように、第1テスト画像に対して画像変換処理である補正処理を実行する。

(2A) 投影画像調整ステップは、制御信号に従い第1回転角度を決定し、第1点から投影面を見たときに、補正処理後の第1テスト画像の投影ステップによる投影面への投影画像が投影中心点を中心として、第1回転角度だけ回転した画像となるように、補正処理後の第1テスト画像に対して画像変換処理である第1回転処理を実行する。

(1B) 投影画像調整ステップは、3次元形状測定ステップにより計測された3次元形状データに基づいて、投影ステップで画像を投影するための投影

軸と投影面との交点である投影中心点を通り、投影面の法線上の点である第1点から見たときに、幾何学的な画像歪みが低減された状態とするように、第2テスト画像に対して画像変換処理である補正処理を実行する。

(2B) 投影画像調整ステップは、制御信号に従い第2回転角度を決定し、第1点から投影面を見たときに、補正処理後の第2テスト画像の投影ステップによる投影面への投影画像が投影中心点を中心として、第2回転角度だけ回転した画像となるように、補正処理後の第2テスト画像に対して画像変換処理である第2回転処理を実行する。

(3) 投影画像調整ステップは、第1回転処理後の第1テスト画像の投影面上の縦基準線を含む直線である第1直線と、第2回転処理後の第2テスト画像の投影面上の縦基準線を含む直線である第2直線とに基づいて、第1直線と第2直線とが直交して見える視点候補点を決定し、決定した視点候補点から見たときに幾何学的な画像歪みが低減された状態とするように、投影面に投影される画像を変換する視点特定処理を実行する。

[0076] これにより、第10の発明と同様の効果を奏する投影方法をコンピュータに実行させるためのプログラムを実現することができる。

発明の効果

[0077] 本発明によれば、撮影機能を有する機器を用いることなく、水平投影面（例えば、水平天井）やユーザーの両眼を結ぶ直線と平行な平面（例えば、前方傾斜平面や後方傾斜平面）に投影された画像の幾何的な歪みを、容易かつ適切に、低減させる投影システム、プロジェクター装置、および、プログラムを実現することができる。

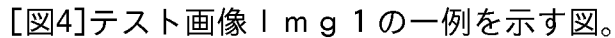
[0078] また、本発明によれば、撮影機能を有する機器を用いることなく、傾斜平面（例えば、傾斜天井）に投影された画像の幾何的な歪みを、容易かつ適切に、低減させる投影システム、プロジェクター装置、および、プログラムを実現することができる。

図面の簡単な説明

[0079] [図1]第1実施形態に係る投影システム1000の概略構成図。

[図2]第1実施形態に係る投影システム1000のプロジェクター装置100の投影画像調整部1の概略構成図。

[図3]投影対象である天井CL（水平天井CL）を含む3次元空間を模式的に示した図。

[図4]テスト画像の一例を示す図。

[図5]状態1における水平天井平面CLと、床FLと、ユーザーUsrの視点Vpと、点Pcと、点P1とを、x軸正方向からx軸負方向に向かって見た図（yz平面図）。

[図6]状態1における3次元空間を模式的に示した図。

[図7]状態2における3次元空間を模式的に示した図。

[図8]台形補正処理を説明するための図。

[図9]台形補正処理を説明するための図。

[図10]台形補正処理を説明するための図。

[図11]台形補正処理を説明するための図。

[図12]台形補正処理を説明するための図。

[図13]台形補正処理を説明するための図。

[図14]状態3における3次元空間を模式的に示した図。

[図15]第1実施形態の第1変形例に係る投影システム1000Aの概略構成図。

[図16]第1実施形態の第1変形例に係る投影画像調整部1Aの概略構成図。





[図17]第2実施形態に係る投影システム2000の概略構成図。

[図18]第2実施形態に係る投影システム2000のプロジェクター装置2100の投影画像調整部201の概略構成図。

[図19]第2実施形態に係る投影システム2000の視点特定処理部215の概略構成図。

[図20]第2実施形態に係る投影システム2000の視点候補取得部151の概略構成図。

[図21]3次元空間を模式的に示した図。

- [図22]第1テスト画像を示す図。
- [図23]状態1における3次元空間を模式的に示した図。
- [図24]状態2における3次元空間を模式的に示した図。
- [図25]第2テスト画像を示す図。
- [図26]第2回転処理を説明するための図。
- [図27]状態4における3次元空間を模式的に示した図。
- [図28]視点特定処理を説明するための図。
- [図29]第3テスト画像を示す図。
- [図30]投影システム2000により、 $N+1$ 回目の視点特定処理が実行され、視点候補点が $Vp_cand(N+1)$ に特定された場合において、第3テスト画像が傾斜天井CLに投影されているときの状態を示す図。
- [図31]投影システム2000で実行される投影方法のフローチャートを示す図。
- [図32]投影システム2000で実行される投影方法の視点特定処理のフローチャートを示す図。
- [図33]視点特定処理の原理を説明するための図。
- [図34]3次元座標空間の点 $A0'$ 、点 $B0'$ 、点 $C0'$ を示す図。
- [図35]3次元座標空間の点 $A0''$ 、点 $B0''$ 、点 $C0''$ を示す図。
- [図36]CPUバス構成を示す図。

発明を実施するための形態

- [0080] [第1実施形態]
第1実施形態について、図面を参照しながら、以下、説明する。
- [0081] <1. 1：投影システムの構成>
図1は、第1実施形態に係る投影システム1000の概略構成図である。
- [0082] 図2は、第1実施形態に係る投影システム1000のプロジェクター装置100の投影画像調整部1の概略構成図である。
- [0083] 投影システム1000は、図1に示すように、プロジェクター装置100

と、コントローラ200とを備える。



- [0084] プロジェクター装置100は、図1に示すように、投影画像調整部1と、テスト画像記憶部2と、投影部3と、3次元形状測定部4と、3次元形状データ記憶部5と、第1インターフェース6とを備える。
- [0085] 投影画像調整部1は、図2に示すように、第1セクタ11と、補正部12と、切替器13と、回転処理部14と、第2セクタ15と、台形補正処理部16と、第3セクタ17と、第4セクタ18と、を備える。
- [0086] 第1セクタ11は、プロジェクター装置100に入力される画像D_{in}（画像信号D_{in}）と、テスト画像記憶部2から出力されるテスト画像I_{mg1}と、選択信号s_{e1}と、を入力する。第1セクタ11は、選択信号s_{e1}に従い、画像D_{in}およびテスト画像I_{mg1}のいずれか一方を選択し、選択した画像（画像信号）を画像D₁（画像信号D₁）として補正部12に出力する。なお、選択信号s_{e1}は、プロジェクター装置100の各機能部を制御する制御部（不図示）により生成される制御信号である。
- [0087] 補正部12は、第1セクタ11から出力される画像D₁と、3次元形状データ記憶部5から出力される3次元形状データ3D__dataと、投影部3の投影点についての情報P__prjと、を入力する。補正部12は、3次元形状データ3D__dataと、投影点についての情報P__prjとに基づいて、画像D₁に対して補正処理を実行する。そして、補正部12は、補正処理後の画像を画像D₂（画像信号D₂）として、第2セクタ15と、回転処理部14とに出力する。
- [0088] 切替器13は、第1インターフェース6から出力される信号S_{ig1}と、選択信号s_{e2}とを入力する。切替器13は、選択信号s_{e2}に従い、信号S_{ig1}を、回転処理部14または台形補正処理部16に出力する。なお、選択信号s_{e2}は、プロジェクター装置100の各機能部を制御する制御部により生成される制御信号である。
- [0089] 回転処理部14は、補正部12から出力される画像D₂と、3次元形状データ記憶部5から出力される3次元形状データ3D__dataと、投影部3

の投影点についての情報 P_prj と、切替器 13 から出力される信号 $Sig1$ とを入力する。回転処理部 14 は、信号 $Sig1$ が入力されている場合、3次元形状データ $3D_data$ と、投影部 3 の投影点についての情報 P_prj とに基づいて、画像 $D2$ に対して回転処理を実行する。そして、回転処理部 14 は、処理後の画像を、画像 $D21$ (画像信号 $D21$) として、第2セレクタ 15 に出力する。

[0090] 第2セレクタ 15 は、補正部 12 から出力される画像 $D2$ と、回転処理部 14 から出力される画像 $D21$ と、選択信号 $sel3$ とを入力する。第2セレクタ 15 は、選択信号 $sel3$ に従い、画像 $D2$ および画像 $D21$ のいずれか一方を選択し、選択した画像を、画像 $D3$ (画像信号 $D3$) として、台形補正処理部 16 と、第3セレクタ 17 とに出力する。なお、選択信号 $sel3$ は、プロジェクター装置 100 の各機能部を制御する制御部により生成される制御信号である。

[0091] 台形補正処理部 16 は、第2セレクタ 15 から出力される画像 $D3$ と、3次元形状データ記憶部 5 から出力される3次元形状データ $3D_data$ と、投影部 3 の投影点についての情報 P_prj と、切替器 13 から出力される信号 $Sig1$ とを入力する。台形補正処理部 16 は、信号 $Sig1$ が入力されている場合、3次元形状データ $3D_data$ と、投影部 3 の投影点についての情報 P_prj とに基づいて、画像 $D3$ に対して台形補正処理を実行する。そして、台形補正処理部 16 は、処理後の画像を、画像 $D31$ (画像信号 $D31$) として、第3セレクタ 17 に出力する。

[0092] 第3セレクタ 17 は、第2セレクタ 15 から出力される画像 $D3$ と、台形補正処理部 16 から出力される画像 $D31$ と、選択信号 $sel4$ とを入力する。第3セレクタ 17 は、選択信号 $sel4$ に従い、画像 $D3$ および画像 $D31$ のいずれか一方を選択し、選択した画像を、画像 $D4$ (画像信号 $D4$) として、第4セレクタ 18 に出力する。なお、選択信号 $sel4$ は、プロジェクター装置 100 の各機能部を制御する制御部により生成される制御信号である。

- [0093] 第4セレクトア18は、第3セレクトア17から出力される画像D4と、テスト画像記憶部2から出力されるテスト画像と、選択信号sel5とを入力する。第4セレクトア18は、選択信号sel5に従い、画像D4およびテスト画像のいずれか一方を選択し、選択した画像を、画像Dout（画像信号Dout）として、投影部3に出力する。なお、選択信号sel5は、プロジェクター装置100の各機能部を制御する制御部により生成される制御信号である。
- [0094] テスト画像記憶部2は、テスト画像を記憶しており、投影画像調整部1から要求に従い、所定のタイミングで、テスト画像を、投影画像調整部1に出力する。
- [0095] 投影部3は、画像を投影するための光学系を有している。投影部3は、投影画像調整部1の第4セレクトア18から出力される画像Dout（画像信号Dout）を入力し、入力した画像Dout（画像信号Dout）を、3次元空間の投影対象に投影する。
- [0096] 3次元形状測定部4は、3次元空間の投影対象の3次元計測データを取得し、取得した投影対象の3次元計測データを3次元形状データ記憶部5に出力する。3次元形状測定部4は、例えば、カメラを有しており、投影部3から投影される3次元形状測定用のテスト画像を撮像し、3次元形状測定用のテスト画像の撮像画像に基づいて、投影対象の3次元計測データを取得する。
- [0097] 3次元形状測定部4は、例えば、（1）投影面の法線を求め、投影部3と投影面との位置関係を明確にする、あるいは、（2）投影部3の投影軸（投影部3の光学系の光軸）と投影面との角度を求め、投影部3と投影面との位置関係を明確にすることで、投影対象（投影面）の3次元計測データを取得する。
- [0098] また、3次元形状測定部4は、TOF（Time Of Flight）方式（例えば、TOF方式の位相差法）により距離画像を取得することで、投影対象の3次元計測データを取得するものであってもよい。この場合、3

次元形状測定部4は、例えば、赤外線を照射する光源と、赤外線用のイメージセンサーとを有しており、光源から照射した赤外線の反射光を、イメージセンサーで受光し、照射した赤外線が投影対象から反射されて戻ってくるまでの時間を測定することで、距離画像を取得する。そして、3次元形状測定部4は、取得した距離画像により、投影対象の3次元計測データを取得する。

[0099] また、3次元形状測定部4は、レーザー光源とレーザー用のセンサーを有し、レーザー光の飛行時間から、投影対象の距離を測定することで、投影対象の3次元計測データを取得するものであってもよい。この場合、3次元形状測定部4は、レーザー光を投影対象に照射方向を順次変更しながら（投影対象をレーザー光でスキャンしながら）照射し、レーザー光が投影対象に反射し、戻ってくるまでの時間を測定することで、投影対象の距離を測定し、投影対象の3次元計測データを取得する。

[0100] 3次元形状データ記憶部5は、3次元形状測定部4により取得された投影対象の3次元計測データを入力とし、入力された投影対象の3次元計測データを記憶する。3次元形状データ記憶部5は、補正部12、回転処理部14、台形補正処理部16からの要求に従い、3次元計測データを、補正部12、回転処理部14、台形補正処理部16に出力する。

[0101] 第1インターフェース6は、プロジェクター装置100と、コントローラ200とのインターフェースである。第1インターフェース6を介して、例えば、コントローラ200から出力される信号を、プロジェクター装置100に入力することができる。

[0102] コントローラ200は、図1に示すように、第2インターフェース21と、制御部22と、ユーザーインターフェース23とを備える。

[0103] 第2インターフェース21は、コントローラ200と、プロジェクター装置100とのインターフェースである。

[0104] 制御部22は、コントローラ200の各機能部を制御する制御部である。

[0105] ユーザーインターフェース23は、ユーザーの操作に応じた信号を発生さ

せる。ユーザーインターフェース23は、例えば、コントローラに設けられた所定のボタンを、ユーザーが押下した場合、当該ボタンが押下されたことを示す信号を発生させる。

[0106] <1. 2 : 投影システムの動作>

以上のように構成された投影システム1000の動作について、以下、説明する。

[0107] 以下では、投影システム1000で実行される処理として、(1) 3次元形状測定処理、(2) 補正処理、(3) 回転処理、および、(4) 台形補正処理に分けて説明する。

[0108] なお、説明便宜のため、投影対象を図3に示す3次元空間として、投影システム1000の動作について説明する。








[0109] 図3は、3次元空間を模式的に示した図であり、投影対象である天井CL(水平天井CL)と、プロジェクター装置100と、床FL上のユーザーUsrとを示している。図3に示す3次元空間において、天井CL(水平天井CL)は、平面であり、平面である床FLと平行である。また、図3において、プロジェクター装置100の投影部3の投影点を点P_{prj}として示しており、プロジェクター装置100の3次元形状測定部4の測定点を点P_{msr}として示している。また、図3において、投影部3の光学系の光軸(投影軸)Ax1と、水平天井(平面)CLとの交点を点P_cとし、ユーザーの視点位置(ユーザーの両眼の中心点)を点V_pとして示している。また、図3において、点P_cを通り、水平天井平面CLの法線Nm1と、床平面FLと平行な平面であって、点V_pを含む平面との交点を点P1として示している。

[0110] また、図3において、ユーザーUsrの左眼の位置と点P_cとの距離と、ユーザーUsrの右眼の位置と点P_cとの距離とは、等しいものとする。

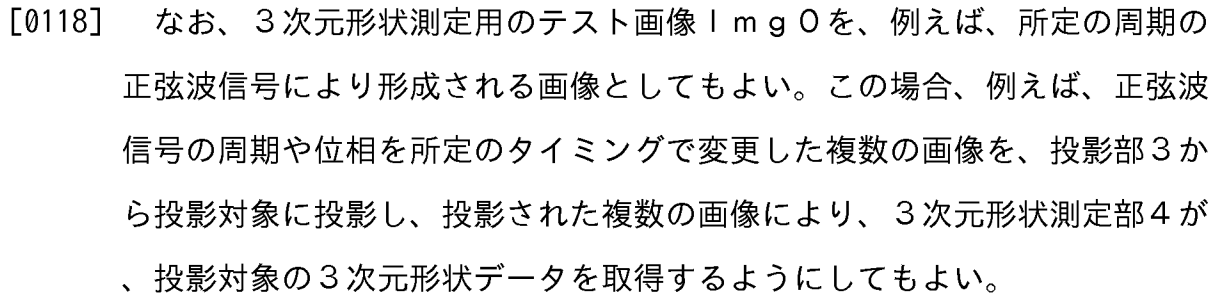
[0111] なお、図3において、図3中に示すように、x軸、y軸、z軸をとるものとする。

[0112] (1. 2. 1 : 3次元形状測定処理)

まず、3次元形状測定処理について、説明する。

- [0113] 以下では、投影システム1000において、3次元形状測定部4は、カメラを有しており、投影部3から投影される3次元形状測定用のテスト画像を撮像し、3次元形状測定用のテスト画像の撮像画像に基づいて、投影対象の3次元計測データを取得する場合について、説明する。
- [0114] テスト画像記憶部2から、3次元形状測定用のテスト画像が、投影画像調整部1の第4セクタ18に出力される。制御部は、第4セクタ18の、図2に示す端子0を選択する選択信号sel5を生成し、第4セクタ18に出力する。これにより、第4セクタ18から、3次元形状測定用のテスト画像が、画像信号Doutとして、投影部3に出力される。
- [0115] 投影部3は、3次元形状測定用のテスト画像を、(A)投影軸（投影部3の光学系の光軸）を、図3に示す軸Ax1とし、(B)画角を図3に示す角度 α とし、(C)投影点を、図3に示す点P_{prj}として、投影対象である水平天井平面CLに対して、投影する。
- [0116] 3次元形状測定部4は、撮像点が点P_{msr}である、3次元形状測定用のカメラにより、投影部3により投影されている3次元形状測定用のテスト画像を撮像する。そして、3次元形状測定部4は、撮像した画像を、3次元形状測定用のテスト画像と比較することで、投影対象の3次元計測データを取得する。
- [0117] 投影システム1000において、投影点P_{prj}の3次元空間の座標が既知であり、3次元形状測定部4の撮像点P_{msr}の3次元空間の座標が既知であり、投影する3次元形状測定用のテスト画像が既知であるので、撮像点P_{msr}で撮像した画像から、投影対象の3次元空間の座標を算出することができる。つまり、3次元形状測定用のテスト画像の各画素が、撮像点P_{msr}で撮像した画像のどの画素に対応するか調べることで、各画素に相当する3次元空間位置（各画素に相当する光が反射した3次元空間位置）を特定することができる。したがって、各画素に対応す

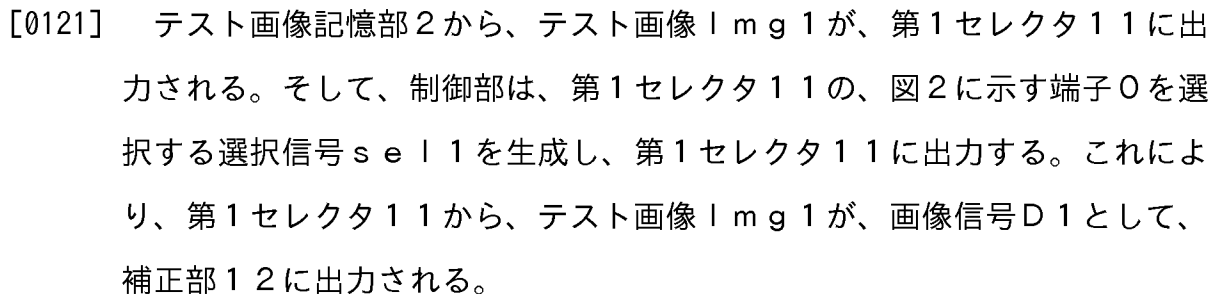
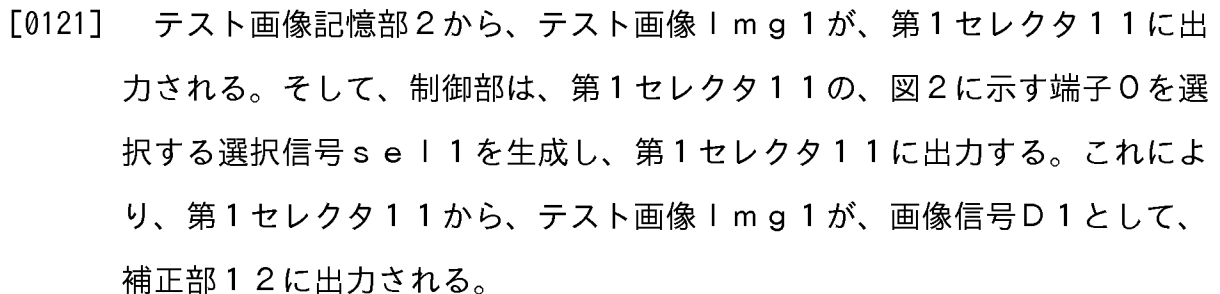
る3次元空間位置を特定することで、投影対象の3次元空間の座標を算出することができる。

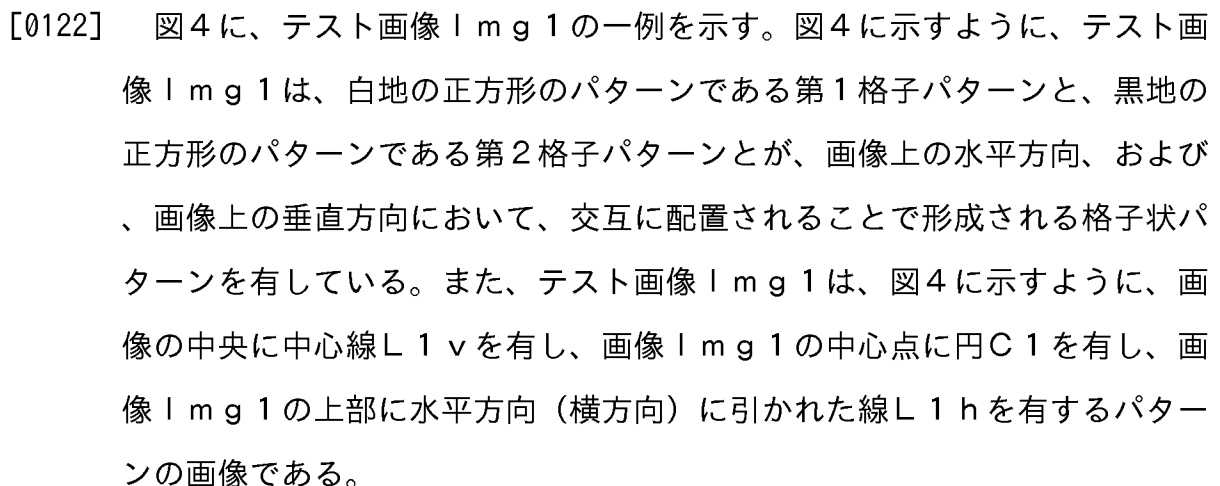
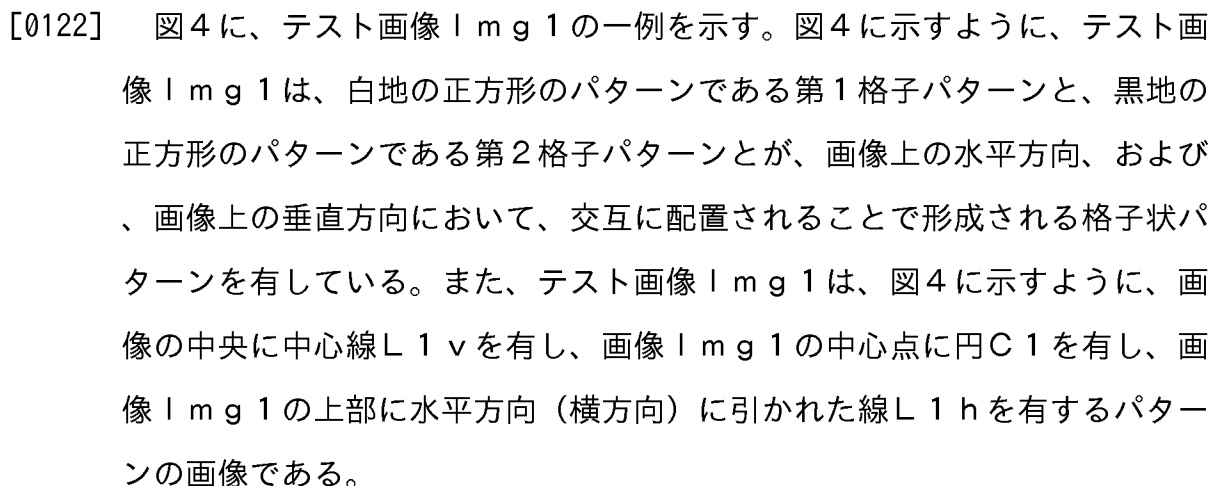
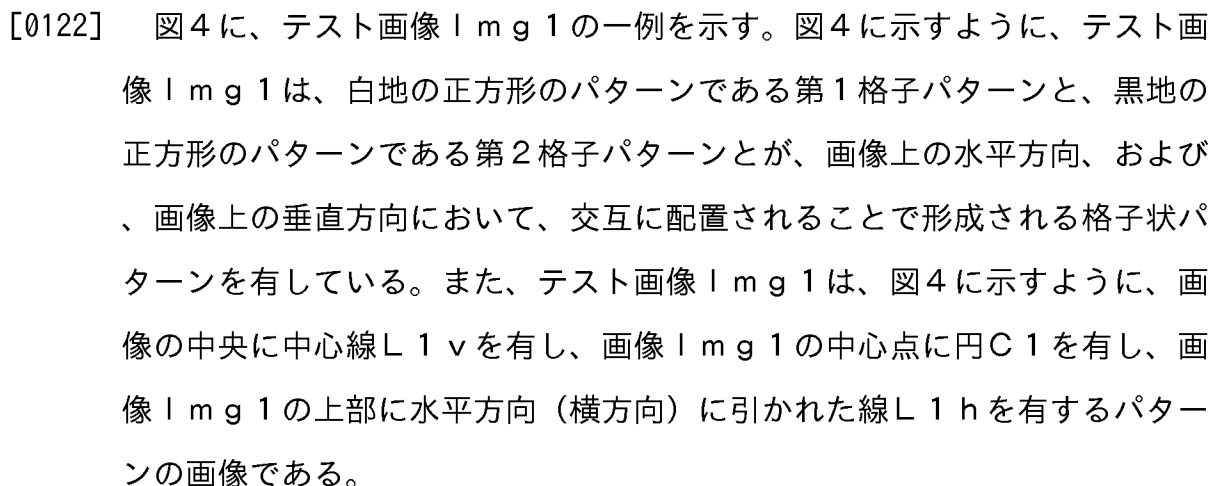
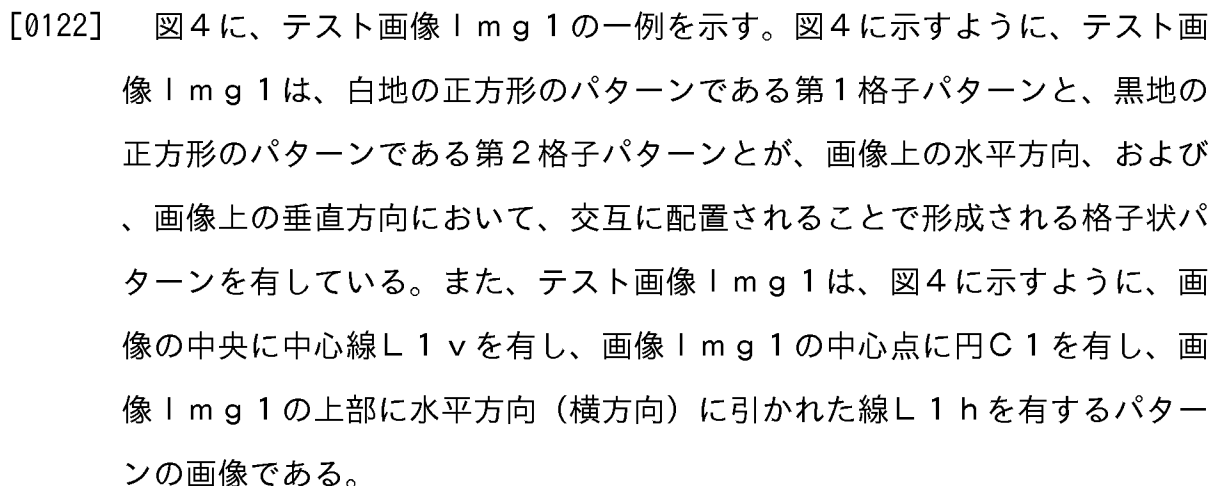
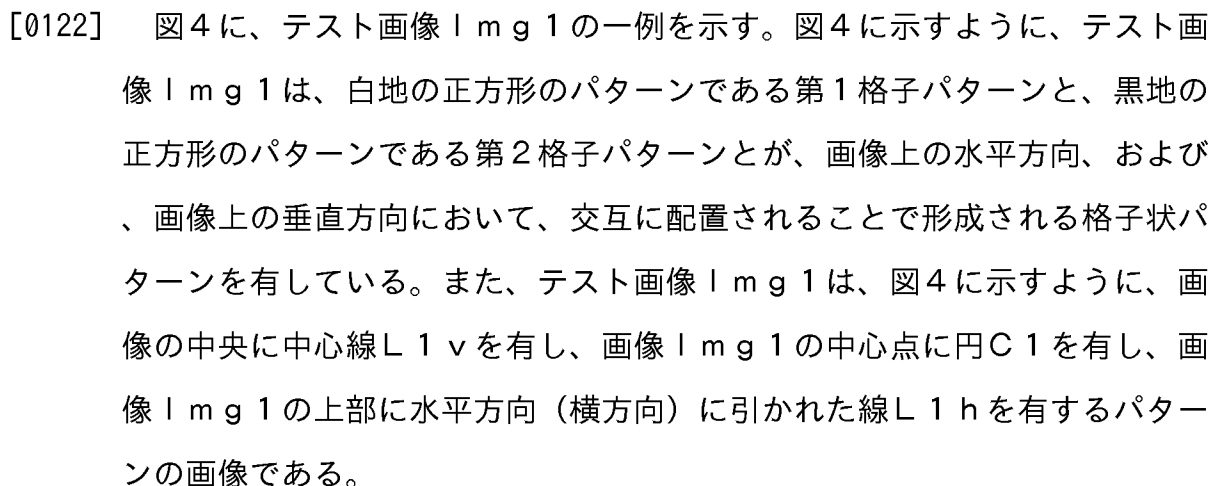
[0118] なお、3次元形状測定用のテスト画像を、例えば、所定の周期の正弦波信号により形成される画像としてもよい。この場合、例えば、正弦波信号の周期や位相を所定のタイミングで変更した複数の画像を、投影部3から投影対象に投影し、投影された複数の画像により、3次元形状測定部4が、投影対象の3次元形状データを取得するようにしてもよい。

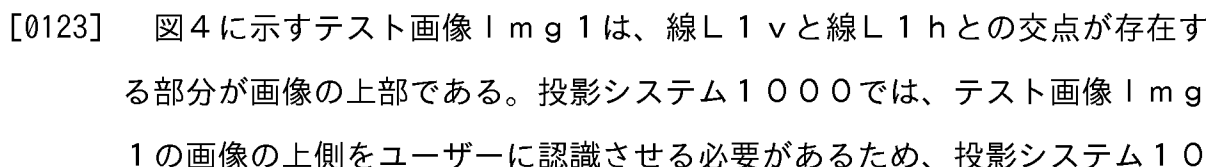
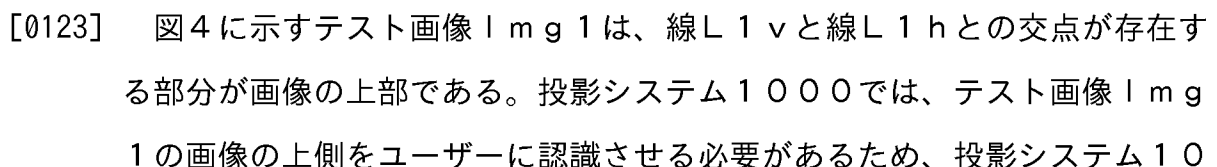
[0119] 上記処理により、3次元形状測定部4が取得した投影対象の3次元形状データは、3次元形状測定部4から、3次元形状データ記憶部5に出力され、3次元形状データ記憶部5に記憶される。



[0120] (1. 2. 2: 補正処理)

次に、補正処理について、説明する。


[0121] テスト画像記憶部2から、テスト画像が、第1セレクタ11に出力される。そして、制御部は、第1セレクタ11の、図2に示す端子0を選択する選択信号sel1を生成し、第1セレクタ11に出力する。これにより、第1セレクタ11から、テスト画像が、画像信号D1として、補正部12に出力される。

[0122] 図4に、テスト画像の一例を示す。図4に示すように、テスト画像は、白地の正方形のパターンである第1格子パターンと、黒地の正方形のパターンである第2格子パターンとが、画像上の水平方向、および、画像上の垂直方向において、交互に配置されることで形成される格子状パターンを有している。また、テスト画像は、図4に示すように、画像の中央に中心線L1vを有し、画像の中心点に円C1を有し、画像の上部に水平方向(横方向)に引かれた線L1hを有するパターンの画像である。

[0123] 図4に示すテスト画像は、線L1vと線L1hとの交点が存在する部分が画像の上部である。投影システム1000では、テスト画像の画像の上側をユーザーに認識させる必要があるため、投影システム10

00に用いるテスト画像は、図4に示すテスト画像のように、画像の上部を認識しやすい画像とすることが好ましい。なお、図4に示すテスト画像は、一例であり、画像の上部を認識できる画像であれば、他の画像であってもよい。

[0124] 例えば、テスト画像は、白地の正方形のパターンである第1格子パターンと、黒地の正方形のパターンである第2格子パターンとが、画像上の水平方向、および、画像上の垂直方向において、交互に配置されることで形成される格子状パターンを、画像領域全面に有しており、画像の上部を示す特定のパターンが、テストパターン画像の所定の場所に重畳された画像であってもよい。

[0125] 説明便宜のため、以下では、テスト画像として、図4に示すテスト画像を用いる場合について説明する。

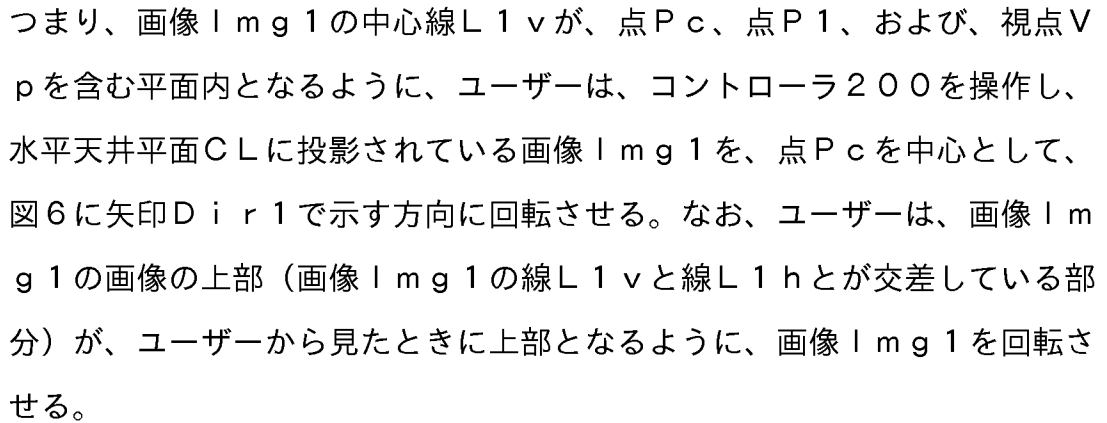
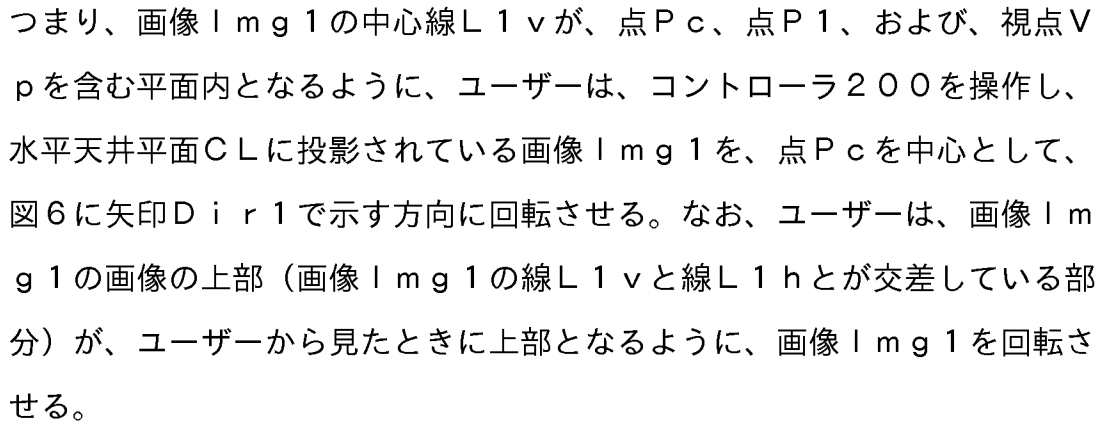
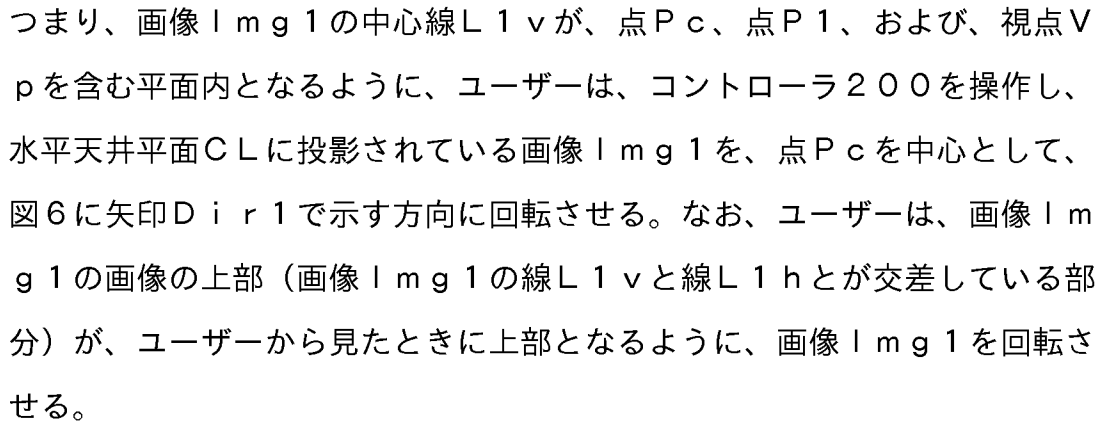
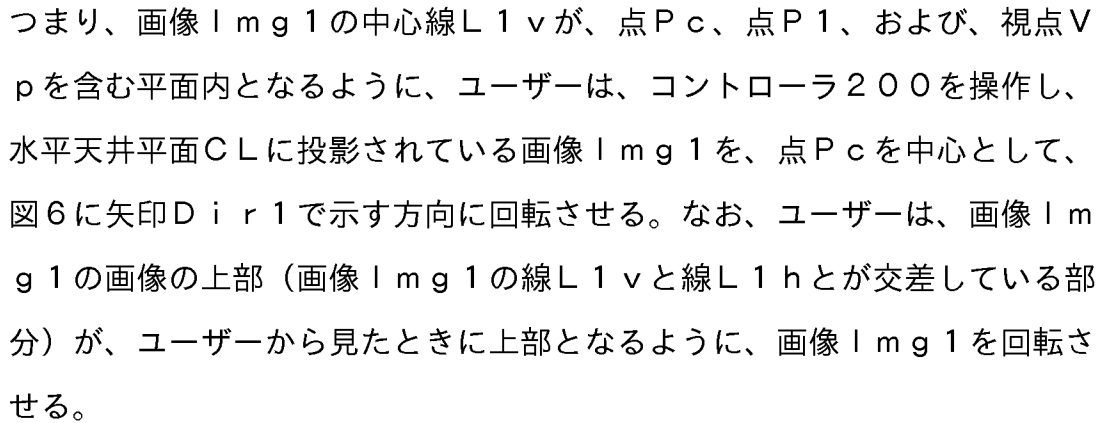
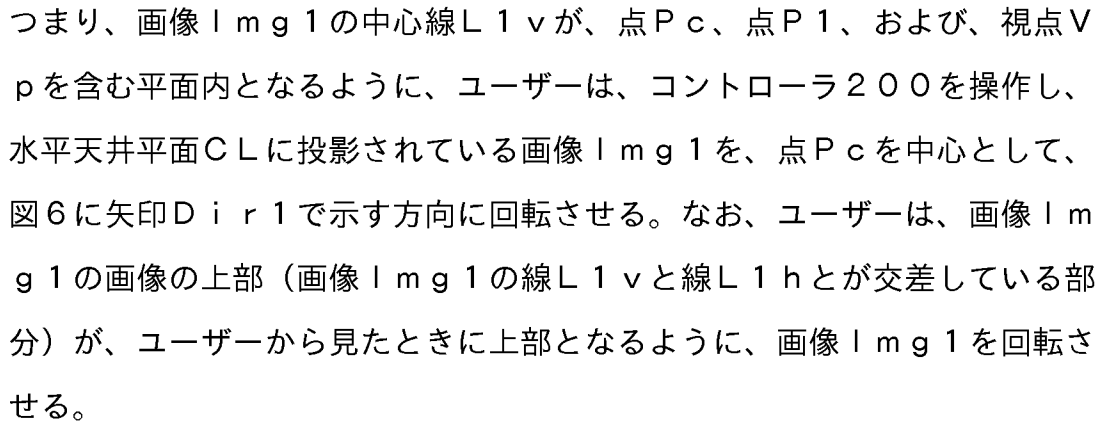
[0126] 補正部12は、3次元形状データ記憶部5から3次元形状データ3D_dataを読み出し、投影対象である水平天井平面CLの3次元座標データを取得する。そして、補正部12は、点P1、すなわち、投影軸Ax1と天井平面CLとの交点Pcの真下の点P1から見た場合に、幾何的な歪みのない状態の画像となるように、画像D1に対して補正処理を行う。そして、補正部12は、補正処理後の画像を画像D2として第2セレクタ15に出力する。

[0127] 制御部は、第2セレクタ15の、図2に示す端子0を選択する選択信号sel3を生成し、第2セレクタ15に出力する。これにより、第2セレクタ15から、画像D2が、画像D3として、第3セレクタ17に出力される。

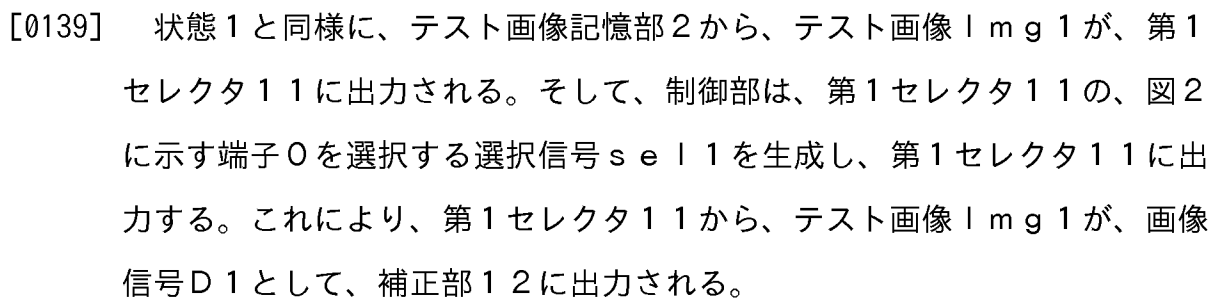
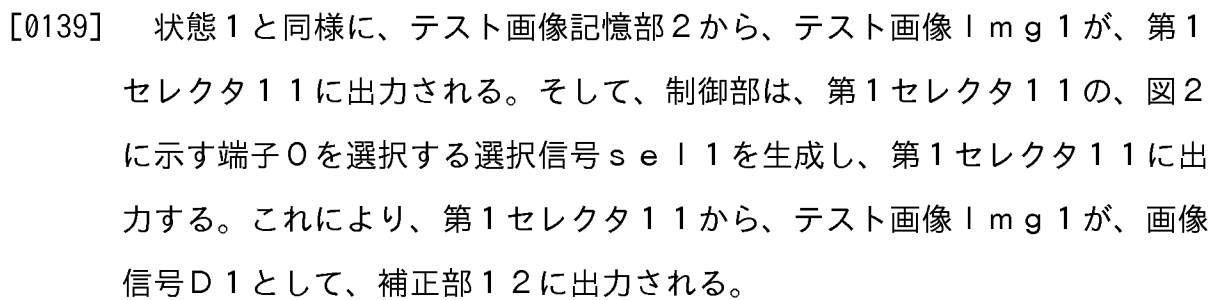
[0128] 制御部は、第3セレクタ17の、図2に示す端子0を選択する選択信号sel4を生成し、第3セレクタ17に出力する。これにより、第3セレクタ17から、画像D3が、画像D4として、第4セレクタ18に出力される。

[0129] 制御部は、第4セレクタ18の、図2に示す端子1を選択する選択信号sel5を生成し、第4セレクタ18に出力する。これにより、第4セレクタ18から、画像D4が、画像Doutとして、投影部3に出力される。

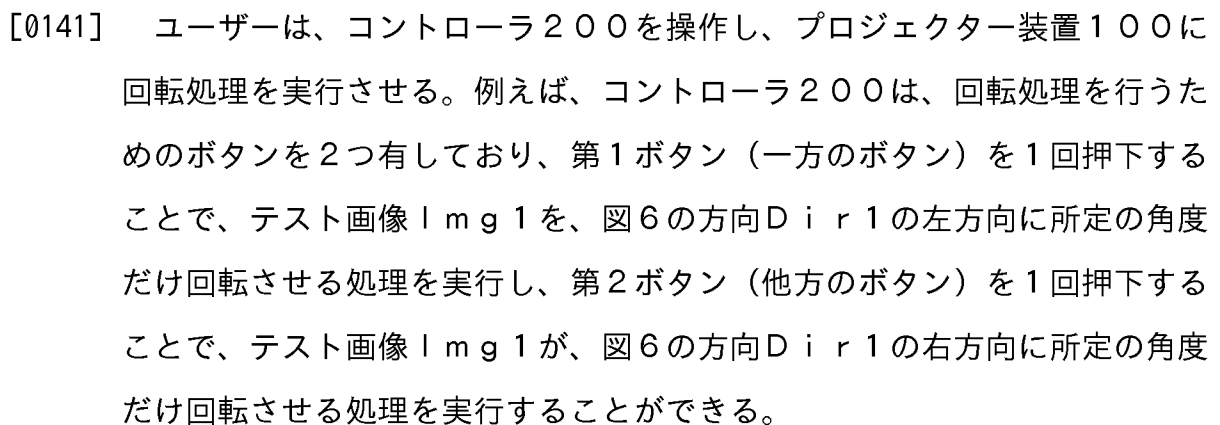
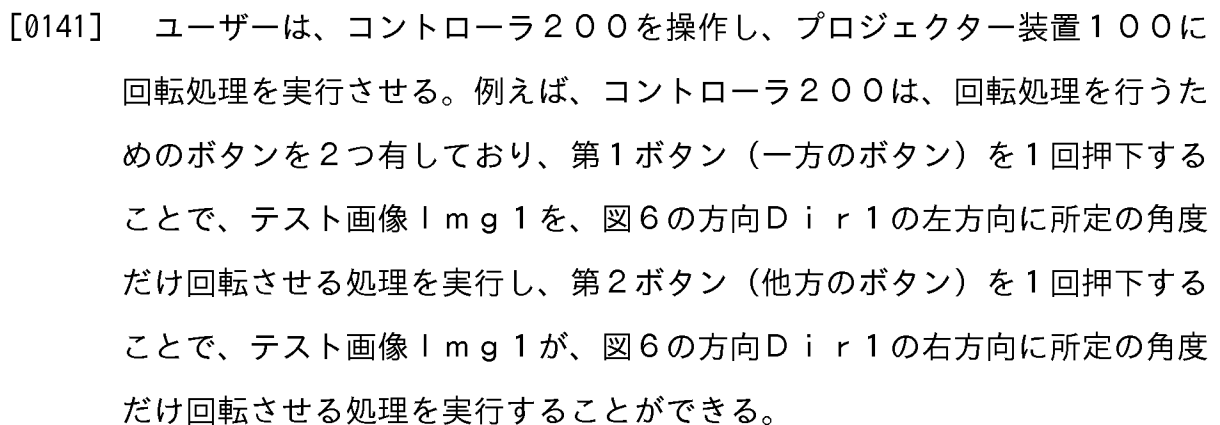
- [0130] 投影部3は、第4セクタ18からの画像Doutを、図3に示す投影軸Ax1により、水平天井平面CLに投影する。なお、この状態を「状態1」とする。
- [0131] 図5は、状態1における水平天井平面CLと、床FLと、ユーザーUserの視点Vpと、投影部3の光学系の光軸（投影軸）Ax1と水平天井（平面）CLとの交点Pcと、点Pcを通り、水平天井平面CLの法線Nm1と、床平面FLと平行な平面であって、点Vpを含む平面との交点P1とを、x軸正方向からx軸負方向に向かって見た図（yz平面図）である。なお、図5において、L1は、床FLと平行な平面であって視点Vpを含む平面を示している。
- [0132] また、図3において、状態1における視点Vpから見たテスト画像img1を、画像img1（Vp）として示している。さらに、図3において、点P1（点Pcの真下の点）から見たテスト画像img1を、画像img1（P1）として示している。
- [0133] 図3から分かるように、状態1において、ユーザーUserの視点Vpから見た画像img1（Vp）は、幾何的な歪みが発生しているが、点P1（点Pcの真下の点）から見たテスト画像img1（P1）は、幾何的な歪みが発生していない。
- [0134] 投影システム1000において、上記のようにして補正処理が実行された後、回転処理が実行される。
- [0135] （1. 2. 3：回転処理）
次に、回転処理について、説明する。
- [0136] 図6は、状態1における3次元空間を模式的に示した図であり、回転処理を説明するための図である。
- [0137] 図6に示した状態1において、ユーザーは、コントローラ200を操作することで、水平天井平面CLに投影されている画像img1を、点Pcを中心として、図6に矢印Dir1で示す方向に回転させ、画像img1の中心線L1vが、ユーザーの視点Vpから見て垂直な直線に見えるようにする。

つまり、画像の中心線L1vが、点Pc、点P1、および、視点Vpを含む平面内となるように、ユーザーは、コントローラ200を操作し、水平天井平面CLに投影されている画像を、点Pcを中心として、図6に矢印Dir1で示す方向に回転させる。なお、ユーザーは、画像の画像の上部（画像の線L1vと線L1hとが交差している部分）が、ユーザーから見たときに上部となるように、画像を回転させる。

[0138] この回転処理について、具体的に説明する。

[0139] 状態1と同様に、テスト画像記憶部2から、テスト画像が、第1セクタ11に出力される。そして、制御部は、第1セクタ11の、図2に示す端子0を選択する選択信号sel1を生成し、第1セクタ11に出力する。これにより、第1セクタ11から、テスト画像が、画像信号D1として、補正部12に出力される。

[0140] 補正部12は、画像D1に対して、状態1で実行した処理と同じ補正処理を実行する。そして、補正部12は、補正処理後の画像を画像D2として回転処理部14に出力する。



[0141] ユーザーは、コントローラ200を操作し、プロジェクター装置100に回転処理を実行させる。例えば、コントローラ200は、回転処理を行うためのボタンを2つ有しており、第1ボタン（一方のボタン）を1回押下することで、テスト画像を、図6の方向Dir1の左方向に所定の角度だけ回転させる処理を実行し、第2ボタン（他方のボタン）を1回押下することで、テスト画像が、図6の方向Dir1の右方向に所定の角度だけ回転させる処理を実行することができる。

[0142] ここでは、第1ボタンが押下された場合について説明する。

[0143] コントローラ200の第1ボタンが1回押下されると、ユーザーインターフェース23は、第1ボタンが1回押下されたこと示す信号を発生させる。コントローラ200の制御部22は、ユーザーインターフェース23が発生させた信号に基づいて、第1ボタンが1回押下されたこと示す信号を、第2

インターフェース21を介して、プロジェクター装置100の第1インターフェースに送信する。


[0144] なお、コントローラ200は、ユーザーが手に持って操作できるものであり、コントローラ200とプロジェクター装置100とは、例えば、無線通信により、信号の送受信を行う。

[0145] 例えば、ユーザーは、図6に示す状態において、コントローラ200を手に持って、水平天井平面CLに投影されている画像を見ながら、コントローラ200を操作し、水平天井平面CLに投影されている画像を回転させる。

[0146] プロジェクター装置100の第1インターフェース6は、コントローラ200の第2インターフェース21から送信された信号を受信し、受信した信号を信号S i g 1として切替器13に出力する。

[0147] 切替器13は、制御部により生成された選択信号s e l 2に基づいて、図2に示す端子1を選択し、信号S i g 1を回転処理部14に出力する。

[0148] 回転処理部14は、信号S i g 1と、3次元形状データ3 D _ _ d a t aと、投影部3の投影点についての情報P _ _ p r jとに基づいて、補正部12から出力される画像D 2に対して回転処理を実行する。

[0149] 具体的には、回転処理部14は、点P 1から水平天井平面CLを見たときに、点P cを中心として、画像が、図6に示す矢印D i r 1の左方向に、信号S i g 1により決定される所定の角度だけ回転した画像となるように、画像D 2に対して変換処理（回転処理）を行う。そして、回転処理部14は、処理後の画像を、画像D 2 1（画像信号D 2 1）として、第2セレクタ15に出力する。

[0150] 第2セレクタ15は、制御部により生成された選択信号s e l 3に基づいて、図2に示す端子1を選択し、画像D 2 1を画像D 3として、第3セレクタ17に出力する。

[0151] 第3セレクタ17は、制御部により生成された選択信号s e l 4に基づいて、図2に示す端子0を選択し、画像D 3（=画像D 2 1）を、画像D 4と

して、第4セレクトア18に出力する。

[0152] 第4セレクトア18は、制御部により生成された選択信号sel5に基づいて、図2に示す端子1を選択し、画像D4(=画像D21)を、画像Doutとして、投影部3に出力する。

[0153] 投影部3は、第4セレクトア18からの画像Dout(=画像D21)を、図3に示す投影軸Ax1により、水平天井平面CLに投影する。これにより、点P1から水平天井平面CLを見たときに、画像img1は、点Pcを中心として、所定の角度だけ方向Dir1に回転した画像となる。

[0154] 上記操作を繰り返すことで、画像img1の中心線L1vが、ユーザーの視点Vpから見て垂直な直線に見えるようにする。この状態、つまり、画像img1の中心線L1vが、点Pc、点P1、および、視点Vpを含む平面内となった状態を「状態2」とする。

[0155] 図7は、状態2における3次元空間を模式的に示した図である。図7では、状態2において、ユーザーの視点Vpから見たテスト画像img1を画像img1(Vp)として示している。また、図7では、状態2において、点P1から見たテスト画像img1を画像img1(P1)として示している。

[0156] 図7から分かるように、状態2において、ユーザーの視点Vpからテスト画像img1を見ると台形の画像に見える(画像img1(Vp1))。

[0157] 投影システム1000において、上記のようにして回転処理を実行し、投影システム1000の投影状態を状態2の状態にした後、台形補正処理が実行される。

[0158] (1. 2. 4: 台形補正処理)

次に、台形補正処理について、説明する。

[0159] 図8は、台形補正処理を説明するための図である。図8は、状態2における水平天井平面CLと、床FLと、ユーザーUsrの視点Vpと、投影部3の光学系の光軸(投影軸)Ax1と水平天井(平面)CLとの交点Pcと、点Pcを通り、水平天井平面CLの法線Nm1と、床平面FLと平行な平面であって、点Vpを含む平面との交点P1とを、x軸正方向からx軸負方向

に向かって見た図（ yz 平面図）である。なお、図8において、 $L1$ は、床 FL と平行な平面であって視点 Vp を含む平面を示している。

[0160] 図9～図13は、台形補正処理を説明するための図である。図9～図13は、図8と同様に、水平天井平面 CL と、床 FL と、ユーザー Usr の視点 Vp と、点 Pc と、交点 $P1$ とを、 x 軸正方向から x 軸負方向に向かって見た図（ yz 平面図）である。

[0161] 図14は、状態3における3次元空間を模式的に示した図であり、台形補正処理を説明するための図である。

[0162] 図7、図8に示した状態2において、ユーザーは、コントローラ200を操作することで、プロジェクター装置100に、水平天井平面 CL に投影されている画像 $Img1$ に対する台形補正処理を実行させる。

[0163] 台形補正処理は、例えば、以下の(1)、(2)の処理により実行される。

(1) 図8に示すように、点 Pc を通り、かつ、 x 軸と平行な軸を回転軸として、水平天井平面 CL に投影されている画像 $Img1$ （状態2の画像 $Img1$ （これを画像 $Img(state2)$ と表記する））を、図8に示す方向 $Dir2$ （時計回り方向）に所定の角度だけ回転させた平面を仮想投影面（例えば、図8に示した仮想投影面 $SF1$ ）として設定する。

(2) 点 Pc を通り、上記で設定した仮想投影面の法線上の点（図8、図9に示す点 $P2$ ）からみたときに、幾何的な歪みのない画像となるように、回転処理後の画像 $Img1$ に対して画像変換処理（台形補正処理）を行う。

[0164] この台形補正処理について、具体的に説明する。

[0165] 状態1、2と同様に、テスト画像記憶部2から、テスト画像 $Img1$ が、第1セレクタ11に出力される。そして、制御部は、第1セレクタ11の、図2に示す端子0を選択する選択信号 $sel1$ を生成し、第1セレクタ11に出力する。これにより、第1セレクタ11から、テスト画像 $Img1$ が、画像信号 $D1$ として、補正部12に出力される。

[0166] 補正部12は、画像 $D1$ に対して、状態1、2で実行した処理と同じ補正

処理を実行する。そして、補正部 1 2 は、補正処理後の画像を画像 D 2 として回転処理部 1 4 に出力する。

[0167] 回転処理部 1 4 は、状態 2 において実行した処理と同じ回転処理を実行する。そして、回転処理部 1 4 は、画像 D 2 に対して回転処理が実行された後の画像 D 2 1 を第 2 セレクタ 1 5 に出力する。

[0168] 第 2 セレクタ 1 5 は、制御部により生成された選択信号 $s e l 3$ に基づいて、図 2 に示す端子 1 を選択し、画像 D 2 1 を画像 D 3 として、台形補正処理部 1 6 に出力する。

[0169] ユーザーは、コントローラ 2 0 0 を操作し、プロジェクター装置 1 0 0 に台形補正処理を実行させる。例えば、コントローラ 2 0 0 は、台形補正処理を行うためのボタンを 2 つ有しており、当該ボタンを押下することで、例えば、以下の (1)、(2) の処理を、プロジェクター装置 1 0 0 に実行させる。

(1) コントローラ 2 0 0 の第 1 ボタン (一方のボタン) を 1 回押下することで、水平天井平面 $C L$ を、図 9 に示す方向 $D i r 2$ (時計回り方向) に所定の角度だけ回転させた位置に仮想平面を設定し、点 $P c$ を通り、当該仮想平面の法線上の点から見たときに幾何的な歪みがない状態となるように、画像変換処理 (台形補正処理) を、プロジェクター装置 1 0 0 に実行させる。



(2) コントローラ 2 0 0 の第 2 ボタン (他方のボタン) を 1 回押下することで、水平天井平面 $C L$ を、図 9 に示す方向 $D i r 2$ と反対の方向 (反時計回り方向) に所定の角度だけ回転させた位置に仮想平面を設定し、点 $P c$ を通り、当該仮想平面の法線上の点から見たときに幾何的な歪みがない状態となるように、画像変換処理 (台形補正処理) を、プロジェクター装置 1 0 0 に実行させる。

[0170] ここでは、第 1 ボタンが押下された場合について説明する。

[0171] コントローラ 2 0 0 の第 1 ボタンが 1 回押下されると、ユーザーインターフェース 2 3 は、第 1 ボタンが 1 回押下されたこと示す信号を発生させる。コントローラ 2 0 0 の制御部 2 2 は、ユーザーインターフェース 2 3 が発生

させた信号に基づいて、第1ボタンが1回押下されたこと示す信号を、第2インターフェース21を介して、プロジェクター装置100の第1インターフェース6に送信する。

[0172] なお、コントローラ200は、ユーザーが手に持って操作できるものであり、コントローラ200とプロジェクター装置100とは、例えば、無線通信により、信号の送受信を行う。

[0173] 例えば、ユーザーは、図7に示す状態において、コントローラ200を手に持って、水平天井平面CLに投影されている画像を見ながら、コントローラ200を操作し、水平天井平面CLに投影されている画像の幾何的な歪みを低減させる処理（台形補正処理）を実行させる。

[0174] プロジェクター装置100の第1インターフェース6は、コントローラ200の第2インターフェース21から送信された信号を受信し、受信した信号を信号Sig1として切替器13に出力する。

[0175] 切替器13は、制御部により生成された選択信号sel2に基づいて、図2に示す端子0を選択し、信号Sig1を台形補正処理部16に出力する。

[0176] 台形補正処理部16は、信号Sig1と、3次元形状データ3D_dataと、投影部3の投影点についての情報P_prjとに基づいて、第2セレクタ15から出力される画像D3に対して台形補正処理を実行する。

[0177] 具体的には、台形補正処理部16は、信号Sig1から、コントローラ200の第1ボタン（一方のボタン）を1回押下したときの回転角度 θ_1 を決定する。そして、台形補正処理部16は、水平天井平面CLを、図9に示す方向Dir2（時計回り方向）に回転角度 θ_1 だけ回転させた位置に仮想平面SF1を設定し、点Pcを通り、仮想平面SF1の法線上の点P2から水平天井平面CLを見たときに、水平天井平面CLに投影されている画像の幾何的な歪みがない状態となるように、画像D3に対して、画像変換処理（台形補正処理）を実行する。そして、台形補正処理部16は、台形補正処理後の画像を画像D31として、第3セレクタ17に出力する。

[0178] 第3セレクタ17は、制御部により生成された選択信号sel4に基づい

て、図2に示す端子1を選択し、画像D31を、画像D4として、第4セレクトクタ18に出力する。

[0179] 第4セレクトクタ18は、制御部により生成された選択信号sel5に基づいて、図2に示す端子1を選択し、画像D4(=画像D31)を、画像Doutとして、投影部3に出力する。

[0180] 投影部3は、第4セレクトクタ18からの画像Dout(=画像D31)を、図3に示す投影軸Ax1により、水平天井平面CLに投影する。これにより、点P2から水平天井平面CLを見たときに、画像img1は、幾何的な歪みのない画像として投影される。このときの様子を図10に示す。

[0181] 図10に示す画像img__R1__CLは、以下のようにして取得される画像である。つまり、画像img__R1__CLは、状態2の水平天井平面CLの画像img(state2)を、点Pcを通り、かつ、x軸と平行な軸を回転軸として、yz平面内で時計回り方向(方向Dir2)に角度 θ_1 だけ回転させた画像(図10の画像img__R1__(仮想平面SF1上の画像img__R1))を、仮想平面SF1の法線上の点(例えば、点P2)から、水平天井平面CLに投影することで取得される画像である。

[0182] また、図10の右上側に、状態2において、点Vpから水平天井平面CLを見たときの画像img1(state2)を示し、図10の右下側に、上記台形補正処理が実行されたときの点Vpから水平天井平面CLを見たときの画像img1__R1__CLを示している。

[0183] また、図10の左側に、上記台形補正処理が実行されたときの点P2から水平天井平面CLを見たときの画像img1__R1__CLを示している。

[0184] 図10の右下側に示した画像img1__R1__CLは、図10の右上側に示した画像img1(state2)よりも幾何的な歪み(台形歪み)が低減されていることが分かる。これにより、ユーザーは、第1ボタンをさらに押下することで、図10に示す回転角度 θ_1 をさらに大きな角度とする台形補正処理を実行し、水平天井平面CLに投影されている画像の幾何的な歪みをさらに低減させることができる。

- [0185] なお、ユーザーは、第1ボタンを押下したときに、水平天井平面CLに投影されている画像の幾何的な歪み（台形歪み）が大きくなることを認識した場合、コントローラ200の他方のボタンである第2ボタンを押下することで、プロジェクター装置100に、水平天井平面CLに投影されている画像の幾何的な歪み（台形歪み）を低減させる台形補正処理を実行させることができる。
- [0186] ここでは、図10に示すように、コントローラ200の第1ボタンを押下することで、水平天井平面CLに投影されている画像の幾何的な歪み（台形歪み）が低減されることが分かるので、ユーザーは、さらに、第1ボタンを押下し、プロジェクター装置100に台形補正処理を実行させる。
- [0187] ユーザーがさらに第1ボタンを押下した場合、プロジェクター装置100では、上記と同様の処理が実行される。そして、台形補正処理部16により、図10に示す回転角度 $\theta 1$ をさらに大きな角度とする台形補正処理を実行する。
- [0188] ここでは、ユーザーがさらに第1ボタンを押下した場合、図11に示すように、回転角度が $\theta 2$ となり、水平天井平面CLを、点Pcを通り、かつ、x軸と平行な軸を回転軸として、yz平面内で時計回り方向（方向Dir2）に角度 $\theta 2$ だけ回転させた仮想平面SF2の点Pcを通る法線が、ユーザーの視点Vpを通る状態となったものとして説明する。
- [0189] この場合、台形補正処理部16は、信号Sig1から、コントローラ200の第1ボタン（一方のボタン）がさらに押下したときの回転角度 $\theta 2$ を決定する。そして、台形補正処理部16は、水平天井平面CLを、図11に示す方向Dir2（時計回り方向）に回転角度 $\theta 2$ だけ回転させた位置に仮想平面SF2を設定し、点Pcを通り、仮想平面SF2の法線上の点Vpから水平天井平面CLを見たときに、水平天井平面CLに投影されている画像の幾何的な歪みがない状態となるように、画像D3に対して、画像変換処理（台形補正処理）を実行する。そして、台形補正処理部16は、台形補正処理後の画像を画像D31として、第3セクタ17に出力する。

[0190] このようにして台形補正処理部16により生成された画像D31は、投影部3により、水平天井平面CLに投影される。この状態を「状態3」とする。

[0191] これにより、ユーザーの視点Vpから水平天井平面CLを見たときに、画像img1は、幾何的な歪みのない画像（幾何的な歪みの低減された画像）として投影される。このときの様子を図12に示す。

[0192] 図12に示す画像img_R2_CLは、以下のようにして取得される画像である。つまり、画像img_R2_CLは、状態2の水平天井平面CLの画像img(state2)を、点Pcを通り、かつ、x軸と平行な軸を回転軸として、yz平面内で時計回り方向（方向Dir2）に角度 θ_2 だけ回転させた画像（図12の画像img_R2（仮想平面SF2上の画像img_R2））を、仮想平面SF2の法線上の点（例えば、視点Vp）から、水平天井平面CLに投影することで取得される画像である。

[0193] また、図12の右上側に、状態2において、点Vpから水平天井平面CLを見たときの画像img1(state2)を示し、図12の右下側に、上記台形補正処理が実行されたときの点Vpから水平天井平面CLを見たときの画像img1_R2_CL、すなわち、状態3における、点Vpから水平天井平面CLを見たときの画像img1(state3)を示している。

[0194] 図12の右下側に示した画像img1(state3)（画像img1_R2_CL）は、図12の右上側に示した画像img1(state2)よりも幾何的な歪み（台形歪み）がない（大幅に低減されている）ことが分かる。

[0195] ユーザーは、水平天井平面CLに投影されている画像の幾何的な歪みが十分低減されている状態（状態3）を確認し、プロジェクター装置100における調整処理（画像の幾何的な歪みを低減させるための調整処理）を終了させる。例えば、ユーザーは、コントローラ200を操作して、プロジェクター装置100における調整処理（画像の幾何的な歪みを低減させるための調整処理）を終了させる。

- [0196] プロジェクター装置100は、上記プロジェクター装置100における調整処理（画像の幾何的な歪みを低減させるための調整処理）を終了させるための信号を、コントローラ200から受信する。
- [0197] プロジェクター装置100は、コントローラ200から上記信号を受信した場合、現在の設定により、（1）補正部12により補正処理、（2）回転処理部14による回転処理、および、（3）台形補正処理部16による台形補正処理が実行されるようにして、調整処理（画像の幾何的な歪みを低減させるための調整処理）を完了する。
- [0198] そして、プロジェクター装置100は、画像信号（あるいは、映像信号） D_{in} を表示（投影）するモードに切り替えられた場合、第1セクタ11において、端子1が選択されるようにし、画像信号 D_{in} を、補正部12に出力する。
- [0199] プロジェクター装置100は、第2セクタ15において端子1が、第3セクタ17において端子1が、第4セクタ18において端子1が、それぞれ、選択されるようにする。
- [0200] そして、プロジェクター装置100の補正部12、回転処理部14、および、台形補正処理部16は、調整処理（画像の幾何的な歪みを低減させるための調整処理）が完了したときの設定に基づいて、それぞれ、補正処理、回転処理、および、台形補正処理を実行する。
- [0201] そして、これらの処理が実行された後の画像（映像）が、投影部3から、水平天井平面CLに投影される。これにより、プロジェクター装置100に入力された画像 D_{in} （あるいは、映像 D_{in} ）が、水平天井平面CLに投影された画像（映像）は、ユーザーの視点 V_p から見たときに幾何的な歪みのない（低減された）画像（映像）となる。
- [0202] 以上のように、投影システム1000では、表示したときの上部が分かるテスト画像を水平天井平面CLに投影し、ユーザーがコントローラ200により、（1）水平天井平面CL内で投影画像を回転させる処理をプロジェクター装置100に実行させた後、（2）水平天井平面CLに投影されている

画像の台形補正処理をプロジェクター装置100に実行させることで、水平天井平面CLに投影されている画像の幾何的な歪みをなくす（低減させる）ことができる。

[0203] したがって、投影システム1000では、撮影機能を有する機器を用いることなく、水平投影面（例えば、水平天井）に投影された画像の幾何的な歪みを、容易かつ適切に、なくす（低減させる）ことができる。

[0204] ≪第1変形例≫

次に、第1実施形態の第1変形例について、説明する。

[0205] 本変形例において、第1実施形態と同様の部分については、同一符号を付し、詳細な説明を省略する。

[0206] 図15は、第1実施形態の第1変形例に係る投影システム1000Aの概略構成図である。

[0207] 図16は、第1実施形態の第1変形例に係る投影システム1000Aのプロジェクター装置100Aの投影画像調整部1Aの概略構成図である。

[0208] 第1変形例の投影システム1000Aでは、第1実施形態の投影システム1000において、プロジェクター装置100をプロジェクター装置100Aに置換した構成を有している。

[0209] プロジェクター装置100Aは、図16に示すように、プロジェクター装置100において、第3セクタ17と、第4セクタ18との間に、微調整部19を追加した構成を有している。それ以外については、プロジェクター装置100Aは、プロジェクター装置100と同様である。

[0210] 微調整部19は、第3セクタ17から出力される画像D4と、制御部から出力される制御信号ct1とを入力する。微調整部19は、第1実施形態で説明した調整処理（画像の幾何的な歪みを低減させるための調整処理）が完了するまでは、入力された信号をそのまま信号D4A（画像D4A）として、第4セクタ18に出力する。そして、微調整部19は、調整処理（画像の幾何的な歪みを低減させるための調整処理）が完了すると、制御部からの制御信号ct1に従い、投影部3により投影面に投影されている投影

画像の各頂点を微調整移動させるように、画像D4に対して処理を実行し、当該処理後の画像を、画像D4A（画像信号D4A）として、第4セレクタ18に出力する。

[0211] なお、微調整部19は、上記微調整処理の設定を保持し、プロジェクター装置100において、画像信号（あるいは、映像信号）Dinを表示（投影）するモードに切り替えられた場合、当該設定により、入力信号に対して、微調整を実行する。

[0212] このように、本変形例の投影システム1000Aでは、微調整部19による微調整処理を実行することで、例えば、投影システム1000Aでの3次元形状測定処理の誤差を修正し、さらに精度の高い画像投影処理（画像の幾何的な歪みの低減処理）を実行することができる。

[0213] なお、本変形例の投影システム1000Aにおいても、第1実施形態の投影システムと同様の調整処理（画像の幾何的な歪みを低減させるための調整処理）が実行された後、上記微調整処理が実行されるため、従来技術に比べて、3次元形状測定処理の誤差を修正するために必要とされる処理量（作業量）を劇的に少なくすることができる。

[0214] なお、微調整部19に入力される制御信号ctl1は、コントローラ200によりユーザーの操作に基づく信号であってもよい。この場合、コントローラ200によりユーザーが微調整処理の操作を行い、そのユーザーの操作に基づいて、コントローラ200が制御信号を生成し、生成した制御信号をプロジェクター装置100Aに送信する。そして、プロジェクター装置100Aは、第1インターフェース6を介して、コントローラ200から送信される信号を信号Sig1として受信し、受信した信号Sig1を微調整部19に入力する制御信号ctl1とすればよい。

[0215] [第2実施形態]

第2実施形態について、図面を参照しながら、以下、説明する。

[0216] <2. 1：投影システムの構成>

図17は、第2実施形態に係る投影システム2000の概略構成図である

- 。
- [0217] 図18は、第2実施形態に係る投影システム2000のプロジェクター装置2100の投影画像調整部201の概略構成図である。
- [0218] 図19は、第2実施形態に係る投影システム2000の視点特定処理部215の概略構成図である。
- [0219] 図20は、第2実施形態に係る投影システム2000の視点候補取得部151の概略構成図である。
- [0220] 投影システム2000は、図17に示すように、プロジェクター装置2100と、コントローラ200とを備える。
- [0221] プロジェクター装置2100は、図17に示すように、投影画像調整部201と、テスト画像記憶部2と、投影部3と、3次元形状測定部4と、3次元形状データ記憶部5と、第1インターフェース6とを備える。
- [0222] 投影画像調整部201は、図18に示すように、第1セクタSEL1と、第1切替器SW1と、補正部211と、第2切替器212と、第1回転処理部213と、第2セクタSEL2と、第2回転処理部214と、第3セクタSEL3と、視点特定処理部215と、第4セクタSEL4と、第5セクタSEL5と、を備える。
- [0223] 第1セクタSEL1は、プロジェクター装置2100に入力される画像Din（画像信号Din）と、テスト画像記憶部2から出力されるテスト画像Img1と、選択信号sel1と、を入力する。第1セクタSEL1は、選択信号sel1に従い、画像Dinおよびテスト画像Img1のいずれか一方を選択し、選択した画像（画像信号）を画像D1（画像信号D1）として第1切替器SW1に出力する。なお、選択信号sel1は、プロジェクター装置2100の各機能部を制御する制御部（不図示）により生成される制御信号である。
- [0224] 第1切替器SW1は、第1セクタSEL1から出力される画像D1と、切替信号sw1とを入力する。第1切替器SW1は、切替信号sw1に従い、画像D1（画像信号D1）を、補正部211、および、視点特定処理部2

15のいずれか1つに出力する。なお、切替信号 $sw1$ は、プロジェクター装置2100の各機能部を制御する制御部により生成される制御信号である。

[0225] 補正部211は、第1切替器 $SW1$ から出力される画像 $D1$ と、3次元形状データ記憶部5から出力される3次元形状データ $3D_data$ と、投影部3の投影点についての情報 P_prj と、を入力する。補正部211は、3次元形状データ $3D_data$ と、投影点についての情報 P_prj とに基づいて、画像 $D1$ に対して補正処理を実行する。そして、補正部211は、補正処理後の画像を画像 $D2$ （画像信号 $D2$ ）として、第2セレクタ $SEL2$ と、第1回転処理部213とに出力する。

[0226] 第2切替器212は、第1インターフェース6から出力される信号 $Sig1$ と、切替信号 $sw2$ とを入力する。第2切替器212は、切替信号 $sw2$ に従い、信号 $Sig1$ を、第1回転処理部213、第2回転処理部214、および、視点特定処理部215のいずれか1つに出力する。なお、切替信号 $sw2$ は、プロジェクター装置2100の各機能部を制御する制御部により生成される制御信号である。

[0227] 第1回転処理部213は、補正部211から出力される画像 $D2$ と、3次元形状データ記憶部5から出力される3次元形状データ $3D_data$ と、投影部3の投影点についての情報 P_prj と、第2切替器212から出力される信号 $Sig1$ とを入力する。第1回転処理部213は、信号 $Sig1$ が入力されている場合、3次元形状データ $3D_data$ と、投影部3の投影点についての情報 P_prj とに基づいて、画像 $D2$ に対して第1回転処理を実行する（詳細については、後述）。そして、第1回転処理部213は、処理後の画像を、画像 $D21$ （画像信号 $D21$ ）として、第2セレクタ $SEL2$ に出力する。また、第1回転処理部213は、第1回転処理が完了したときの情報（検出情報）を含む検出信号を $Det1$ として、視点特定処理部215に出力する（詳細については、後述）。検出信号 $Det1$ は、第1の直線のデータ（第1直線データ）を含む（詳細については、後述）。

[0228] 第2セクタSEL2は、補正部211から出力される画像D2と、第1回転処理部213から出力される画像D21と、選択信号sel2とを入力する。第2セクタSEL2は、選択信号sel2に従い、画像D2および画像D21のいずれか一方を選択し、選択した画像を、画像D3（画像信号D3）として、第2回転処理部214と、第3セクタSEL3とに出力する。なお、選択信号sel2は、プロジェクター装置2100の各機能部を制御する制御部により生成される制御信号である。

[0229] 第2回転処理部214は、第2セクタSEL2から出力される画像D3と、3次元形状データ記憶部5から出力される3次元形状データ3D_dataと、投影部3の投影点についての情報P_prjと、第2切替器212から出力される信号Sig1とを入力する。第2回転処理部214は、信号Sig1が入力されている場合、3次元形状データ3D_dataと、投影部3の投影点についての情報P_prjとに基づいて、画像D3に対して第2回転処理を実行する（詳細については、後述）。そして、第2回転処理部214は、処理後の画像を、画像D31（画像信号D31）として、第3セクタSEL3に出力する。また、第2回転処理部214は、第1回転処理が完了したときの情報（検出情報）を含む検出信号をDet2として、視点特定処理部215に出力する（詳細については、後述）。検出信号Det2は、第2の直線のデータ（第2直線データ）を含む（詳細については、後述）。

[0230] 第3セクタSEL3は、第2セクタSEL2から出力される画像D3と、第2回転処理部214から出力される画像D31と、選択信号sel3とを入力する。第3セクタSEL3は、選択信号sel3に従い、画像D3および画像D31のいずれか一方を選択し、選択した画像を、画像D4（画像信号D4）として、第4セクタSEL4に出力する。なお、選択信号sel3は、プロジェクター装置2100の各機能部を制御する制御部により生成される制御信号である。

[0231] 視点特定処理部215は、第1切替器SW1から出力される画像D1と、

3次元形状データ記憶部5から出力される3次元形状データ3D__dataと、投影部3の投影点についての情報P__prjと、を入力する。また、視点特定処理部215は、第1回転処理部213から出力される検出信号Det1と、第2回転処理部214から出力される検出信号Det2と、を入力する。

[0232] 視点特定処理部215は、図19に示すように、視点候補取得部151と、投影画像取得部152とを備える。

[0233] 視点候補取得部151は、図20に示すように、交点算出部1511と、係数算出部1512と、変換行列取得部1513と、変換行列合成部1514と、逆変換行列取得部1515と、変換部1516と、係数取得部1517と、角度取得部1518と、視点候補点算出部1519と、を備える。

[0234] 交点算出部1511は、第1回転処理部213から出力される検出信号Det1と、第2回転処理部214から出力される検出信号Det2と、を入力する。交点算出部1511は、検出信号Det1に含まれる第1直線データと、検出信号Det2に含まれる第2直線データと、に基づいて、第1直線と第2直線の交点Pcの座標と、第1直線上の点であって、交点Pc以外の点Paの座標と、第2直線上の点であって、交点Pc以外の点Pbの座標とを算出し、算出した交点Pcの座標の情報を含む信号(データ)をData(Pc)として、視点候補点算出部1519に出力する。

[0235] また、交点算出部1511は、点Paの座標の情報を含む信号(データ)をData(Pa)として、係数算出部1512と変換行列取得部1513とに出力する。

[0236] また、交点算出部1511は、点Pbの座標の情報を含む信号(データ)をData(Pb)として、係数算出部1512と変換部1516とに出力する。

[0237] 係数算出部1512は、交点算出部1511から出力される、点PaのデータData(Pa)および点PbのデータData(Pb)を入力する。係数算出部1512は、点PaのデータData(Pa)と、点Pbのデー

タ $Data(Pb)$ と、に基づいて、係数 A 、 B 、 C についての情報を取得する（詳細については、後述）。そして、係数算出部 1512 は、取得した係数 A 、 B 、 C についての情報（データ）を、変換行列取得部 1513 に出力する。

[0238] 変換行列取得部 1513 は、係数算出部 1512 から出力される係数 A 、 B 、 C についての情報（データ）と、交点算出部 1511 から出力される点 Pa のデータ $Data(Pa)$ と、を入力する。変換行列取得部 1513 は、係数 A 、 B 、 C と、点 Pa のデータ $Data(Pa)$ と、に基づいて、変換行列 R_x 、 R_y 、 R_z を取得する。そして、変換行列取得部 1513 は、取得した変換行列 R_x 、 R_y 、 R_z についてのデータを、変換行列合成部 1514 に出力する。

[0239] 変換行列合成部 1514 は、変換行列取得部 1513 から出力される変換行列 R_x 、 R_y 、 R_z についてのデータを入力とし、変換行列 R_x 、 R_y 、 R_z から、合成行列 R を取得する。そして、変換行列合成部 1514 は、取得した合成行列 R についてのデータを、逆変換行列取得部 1515 と、変換部 1516 とに、出力する。

[0240] 逆変換行列取得部 1515 は、変換行列合成部 1514 から出力される合成行列 R についてのデータを入力する。逆変換行列取得部 1515 は、合成行列 R から、逆変換行列 R^{-1} を取得し、取得した逆変換行列 R^{-1} についてのデータを視点候補点算出部 1519 に出力する。

[0241] 変換部 1516 は、変換行列合成部 1514 から出力される合成行列 R についてのデータと、交点算出部 1511 から出力される点 Pb のデータ $Data(Pb)$ と、を入力する。変換部 1516 は、合成行列 R と、点 Pb のデータ $Data(Pb)$ と、から、点 Pb' についてのデータ（座標データ）を、 $Data(Pb')$ として取得する。そして、変換部 1516 は、取得したデータ $Data(Pb')$ を、係数取得部 1517 と、視点候補点算出部 1519 とに出力する。

[0242] 係数取得部 1517 は、変換部 1516 から出力されるデータ $Data(Pb')$ を、

P b') と、角度取得部 1518 から出力される角度 θ についてのデータとを入力する。係数取得部 1517 は、データ Data (P b') と、角度 θ と、に基づいて、係数 A' を取得する。そして、係数取得部 1517 は、取得した係数 A' についてのデータを、視点候補点算出部 1519 に出力する。

[0243] 角度取得部 1518 は、第 1 インターフェース 6 から出力される信号 S i g 1 を入力し、信号 S i g 1 に基づいて、角度 θ を取得する。そして、角度取得部 1518 は、取得した角度 θ についてのデータを、係数取得部 1517 と、視点候補点算出部 1519 とに出力する。

[0244] 視点候補点算出部 1519 は、交点算出部 1511 から出力されるデータ Data (P c) と、角度取得部 1518 から出力される角度 θ についてのデータと、を入力する。また、視点候補点算出部 1519 は、係数取得部 1517 から出力される係数 A' についてのデータと、変換部 1516 から出力されるデータ Data (P b') と、逆変換行列取得部 1515 から出力される逆変換行列 R^{-1} についてのデータとを入力する。

[0245] 視点候補点算出部 1519 は、データ Data (P c) と、角度 θ と、係数 A' と、データ Data (P b') と、逆変換行列 R^{-1} とに基づいて、視点候補点の座標データ V p _ _ c a n d を取得する。そして、視点候補点算出部 1519 は、取得した視点候補点の座標データ V p _ _ c a n d を投影画像取得部 152 に出力する。

[0246] 投影画像取得部 152 は、第 1 切替器 S W 1 から出力される画像 D 1 (テスト画像 I m g 1 (I m g 1 _ _ T 3)) と、視点候補取得部 151 の視点候補点算出部 1519 から出力される視点候補点の座標データ V p _ _ c a n d とを入力する。また、投影画像取得部 152 は、3次元形状データ記憶部 5 から出力される3次元形状データ 3 D _ _ d a t a と、投影部 3 の投影点についての情報 P _ _ p r j と、を入力する。投影画像取得部 152 は、3次元形状データ 3 D _ _ d a t a と、投影部 3 の投影点についての情報 P _ _ p r j とに基づいて、画像 D 1 (テスト画像 I m g 1 (I m g 1 _ _ T 3)) を、座標

データ Vp_cand により特定される視点候補点から見たときに、幾何的な歪みが発生しない画像に変換し、変換した画像を画像 $D41$ （画像信号 $D41$ ）として、第4セレクトア $SEL4$ に出力する。

[0247] 第4セレクトア $SEL4$ は、第3セレクトア $SEL3$ から出力される画像 $D4$ と、視点特定処理部 215 から出力される画像 $D41$ と、選択信号 $sel4$ とを入力する。第4セレクトア $SEL4$ は、選択信号 $sel4$ に従い、画像 $D4$ および画像 $D41$ のいずれか一方を選択し、選択した画像を、画像 $D5$ （画像信号 $D5$ ）として、第5セレクトア $SEL5$ に出力する。なお、選択信号 $sel4$ は、プロジェクター装置 2100 の各機能部を制御する制御部により生成される制御信号である。

[0248] 第5セレクトア $SEL5$ は、第4セレクトア $SEL4$ から出力される画像 $D5$ と、テスト画像記憶部 2 から出力される3次元形状測定用のテスト画像 $img0$ と、選択信号 $sel5$ とを入力する。第5セレクトア $SEL5$ は、選択信号 $sel5$ に従い、画像 $D5$ およびテスト画像 $img0$ のいずれか一方を選択し、選択した画像を、画像 $Dout$ （画像信号 $Dout$ ）として、投影部 3 に出力する。なお、選択信号 $sel5$ は、プロジェクター装置 2100 の各機能部を制御する制御部により生成される制御信号である。

[0249] テスト画像記憶部 2 は、テスト画像を記憶しており、投影画像調整部 201 から要求に従い、所定のタイミングで、テスト画像を、投影画像調整部 201 に出力する。

[0250] 投影部 3 は、画像を投影するための光学系を有している。投影部 3 は、投影画像調整部 201 の第5セレクトア $SEL5$ から出力される画像 $Dout$ （画像信号 $Dout$ ）を入力し、入力した画像 $Dout$ （画像信号 $Dout$ ）を、3次元空間の投影対象に投影する。

[0251] 3次元形状測定部 4 は、3次元空間の投影対象の3次元計測データを取得し、取得した投影対象の3次元計測データを3次元形状データ記憶部 5 に出力する。3次元形状測定部 4 は、例えば、カメラを有しており、投影部 3 から投影される3次元形状測定用のテスト画像を撮像し、3次元形状測定用の

テスト画像の撮像画像に基づいて、投影対象の3次元計測データを取得する。

[0252] 3次元形状測定部4は、例えば、(1)投影面の法線を求め、投影部3と投影面との位置関係を明確にする、あるいは、(2)投影部3の投影軸(投影部3の光学系の光軸)と投影面との角度を求め、投影部3と投影面との位置関係を明確にすることで、投影対象(投影面)の3次元計測データを取得する。

[0253] また、3次元形状測定部4は、TOF(Time Of Flight)方式(例えば、TOF方式の位相差法)により距離画像を取得することで、投影対象の3次元計測データを取得するものであってもよい。この場合、3次元形状測定部4は、例えば、赤外線を照射する光源と、赤外線用のイメージセンサーとを有しており、光源から照射した赤外線の反射光を、イメージセンサーで受光し、照射した赤外線が投影対象から反射されて戻ってくるまでの時間を測定することで、距離画像を取得する。そして、3次元形状測定部4は、取得した距離画像により、投影対象の3次元計測データを取得する。

[0254] また、3次元形状測定部4は、レーザー光源とレーザー用のセンサーを有し、レーザー光の飛行時間から、投影対象の距離を測定することで、投影対象の3次元計測データを取得するものであってもよい。この場合、3次元形状測定部4は、レーザー光を投影対象に照射方向を順次変更しながら(投影対象をレーザー光でスキャンしながら)照射し、レーザー光が投影対象に反射し、戻ってくるまでの時間を測定することで、投影対象の距離を測定し、投影対象の3次元計測データを取得する。

[0255] 3次元形状データ記憶部5は、3次元形状測定部4により取得された投影対象の3次元計測データを入力とし、入力された投影対象の3次元計測データを記憶する。3次元形状データ記憶部5は、補正部211、第1回転処理部213、視点特定処理部215からの要求に従い、3次元計測データを、補正部211、第1回転処理部213、視点特定処理部215に出力する。

- [0256] 第1インターフェース6は、プロジェクター装置2100と、コントローラ200とのインターフェースである。第1インターフェース6を介して、例えば、コントローラ200から出力される信号を、プロジェクター装置2100に入力することができる。
- [0257] コントローラ200は、図17に示すように、第2インターフェース21と、制御部22と、ユーザーインターフェース23とを備える。
- [0258] 第2インターフェース21は、コントローラ200と、プロジェクター装置2100とのインターフェースである。
- [0259] 制御部22は、コントローラ200の各機能部を制御する制御部である。
- [0260] ユーザーインターフェース23は、ユーザーの操作に応じた信号を発生させる。ユーザーインターフェース23は、例えば、コントローラに設けられた所定のボタンを、ユーザーが押下した場合、当該ボタンが押下されたことを示す信号を発生させる。
- [0261] <2. 2：投影システムの動作>
以上のように構成された投影システム2000の動作について、以下、説明する。
- [0262] 以下では、投影システム2000で実行される処理として、(1) 3次元形状測定処理、(2) 補正処理、(3) 第1回転処理、(4) 第2回転処理、および、(5) 視点特定処理に分けて説明する。
- [0263] なお、説明便宜のため、投影対象を図21に示す3次元空間として、投影システム2000の動作について説明する。
- [0264] 図21は、3次元空間を模式的に示した図であり、投影対象である天井CL（傾斜天井CL）と、プロジェクター装置2100と、床FL上のユーザーU s rとを示している。また、図21において、図21に示すように、a軸、b軸、c軸を設定する。
- [0265] 図21に示す3次元空間において、傾斜天井CLは、平面であり、平面である床FL（床平面FL）と図21に示す角度 α だけ傾斜している。また、図21において、プロジェクター装置2100の投影部3の投影点を点P__

$p r j$ として示しており、プロジェクター装置2100の3次元形状測定部4の測定点を点 P_{msr} として示している。また、図21において、投影部3の光学系の光軸（投影軸） $A \times 1$ と、傾斜天井 CL との交点を点 P_c とし、ユーザーの視点位置（ユーザーの両眼の中心点）を点 V_p として示している。

[0266] なお、傾斜天井 CL は、上記のように、床 FL と平行な平面（ ab 平面）に対して、回転軸を b 軸として回転させた平面となる場合のみに限定されることはない。例えば、傾斜天井 CL は、床 FL と平行な平面（ ab 平面）に対して、回転軸を b 軸として角度 α だけ回転させ、さらに、回転軸を a 軸として角度 β だけ回転させた平面と一致する平面であってもよい。

[0267] なお、説明便宜のために、ユーザーの左眼の中心点（左眼視点）と右眼の中心点（右眼視点）とは、 a 軸と平行な直線上に存在するものとする。そして、ユーザーの左眼の中心点（左眼視点）から点 P_c までの距離 d_L と、ユーザーの右眼の中心点（右眼視点）から点 P_c までの距離 $d_R (=d_L)$ とは、等しいものとする。

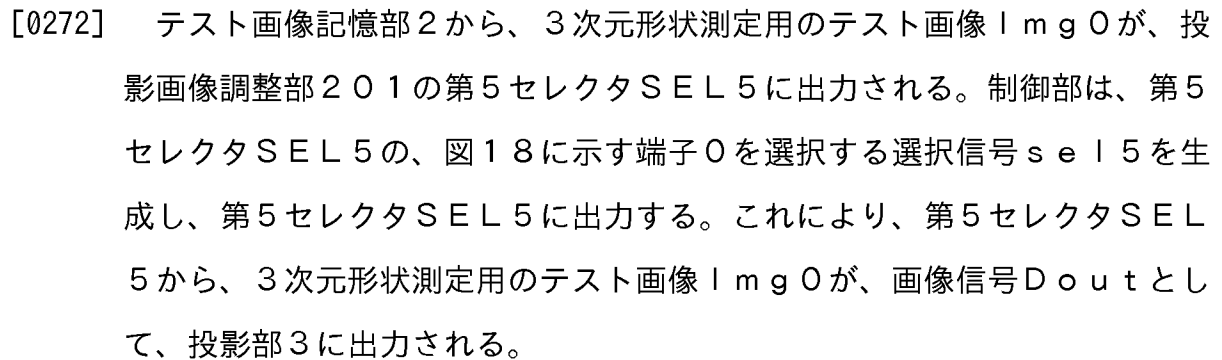
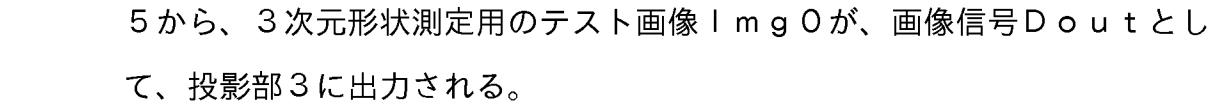
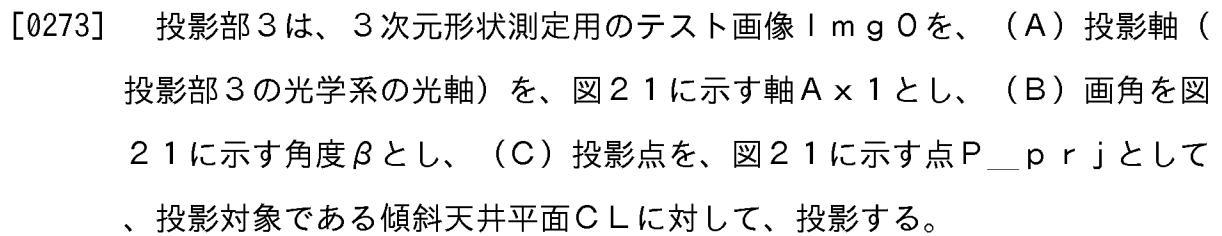
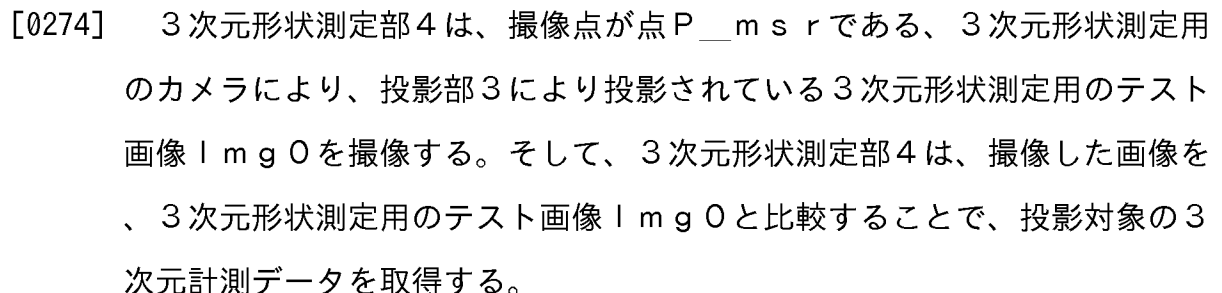
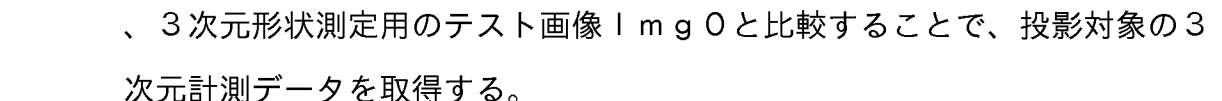
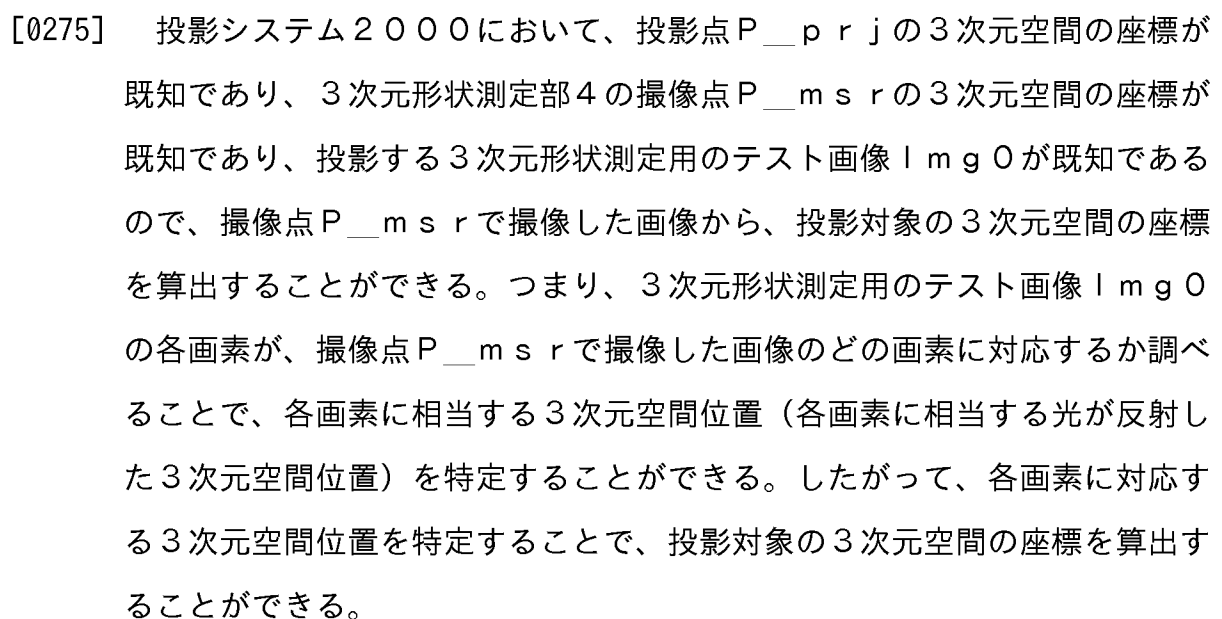
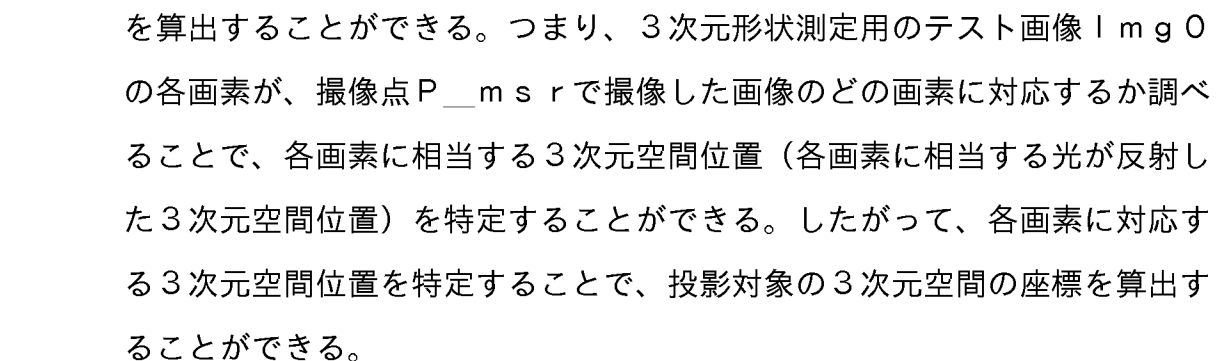
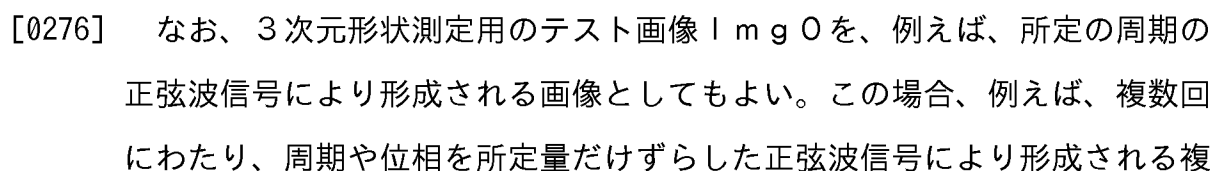
[0268] また、図21に示すように、 x 軸、 y 軸、 z 軸を設定するものとする。つまり、投影部3の光学系の光軸 $A \times 1$ と z 軸とが一致し、かつ、 xy 平面の法線が z 軸と平行となるように、 x 軸、 y 軸が設定されるものとする。そして、図21に示すように、 xyz 座標の原点 O_{rg} は、光軸 $A \times 1$ 上に存在するものとする。

[0269] また、図21において、点 P_c を通る傾斜天井平面 CL の法線 N_{m1} と、法線 N_{m1} 上の点 P_1 とを示している。

[0270] （2. 2. 1：3次元形状測定処理）

まず、3次元形状測定処理について、説明する。

[0271] 以下では、投影システム2000において、3次元形状測定部4は、カメラを有しており、投影部3から投影される3次元形状測定用のテスト画像を撮像し、3次元形状測定用のテスト画像の撮像画像に基づいて、投影対象の3次元計測データを取得する場合について、説明する。

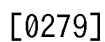

- [0272] テスト画像記憶部2から、3次元形状測定用のテスト画像が、投影画像調整部201の第5セクタSEL5に出力される。制御部は、第5セクタSEL5の、図18に示す端子0を選択する選択信号sel5を生成し、第5セクタSEL5に出力する。これにより、第5セクタSEL5から、3次元形状測定用のテスト画像が、画像信号Doutとして、投影部3に出力される。
- [0273] 投影部3は、3次元形状測定用のテスト画像を、(A) 投影軸（投影部3の光学系の光軸）を、図21に示す軸Ax1とし、(B) 画角を図21に示す角度βとし、(C) 投影点を、図21に示す点P_{prj}として、投影対象である傾斜天井平面CLに対して、投影する。
- [0274] 3次元形状測定部4は、撮像点が点P_{msr}である、3次元形状測定用のカメラにより、投影部3により投影されている3次元形状測定用のテスト画像を撮像する。そして、3次元形状測定部4は、撮像した画像を、3次元形状測定用のテスト画像と比較することで、投影対象の3次元計測データを取得する。
- [0275] 投影システム2000において、投影点P_{prj}の3次元空間の座標が既知であり、3次元形状測定部4の撮像点P_{msr}の3次元空間の座標が既知であり、投影する3次元形状測定用のテスト画像が既知であるので、撮像点P_{msr}で撮像した画像から、投影対象の3次元空間の座標を算出することができる。つまり、3次元形状測定用のテスト画像の各画素が、撮像点P_{msr}で撮像した画像のどの画素に対応するか調べることで、各画素に相当する3次元空間位置（各画素に相当する光が反射した3次元空間位置）を特定することができる。したがって、各画素に対応する3次元空間位置を特定することで、投影対象の3次元空間の座標を算出することができる。
- [0276] なお、3次元形状測定用のテスト画像を、例えば、所定の周期の正弦波信号により形成される画像としてもよい。この場合、例えば、複数回にわたり、周期や位相を所定量だけずらした正弦波信号により形成される複

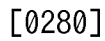
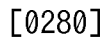


数の画像を、投影部3から投影対象に投影し、投影された複数の画像により、3次元形状測定部4が、投影対象の3次元形状データを取得するようにしてもよい。

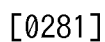



[0277] 上記処理により、3次元形状測定部4が取得した投影対象の3次元形状データは、3次元形状測定部4から、3次元形状データ記憶部5に出力され、3次元形状データ記憶部5に記憶される。

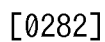
[0278] (2.2.2:補正処理)

次に、補正処理について、説明する。

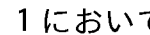

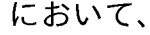

[0279] テスト画像記憶部2から、テスト画像が、第1セレクタSEL1に出力される。そして、制御部は、第1セレクタSEL1の、図18に示す端子0を選択する選択信号sel1を生成し、第1セレクタSEL1に出力する。これにより、第1セレクタSEL1から、テスト画像が、画像信号D1として、第1切替器SW1に出力される。


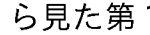
[0280] 図22に、テスト画像の一例である第1テスト画像__T1を示す。図22に示すように、第1テスト画像__T1は、長方形の画像である。そして、第1テスト画像__T1は、図22に示すように、画像の横方向（水平方向）の中央において縦方向（垂直方向）に延びる縦中心線L1vを有し、画像の上部に水平方向（横方向）に引かれた線L2hを有するパターンの画像である。

[0281] 図22に示す第1テスト画像__T1は、線L1vと線L2hとの交点が存在する部分が画像の上部である。投影システム2000では、第1テスト画像__T1の画像の上側をユーザーに認識させる必要があるため、投影システム2000に用いるテスト画像は、図22に示す第1テスト画像__T1のように、画像の上部を認識しやすい画像とすることが好ましい。なお、図22に示す第1テスト画像__T1は、一例であり、画像の上部を認識できる画像であれば、他の画像であってもよい。

[0282] 説明便宜のため、以下では、テスト画像として、図22に示す第1テスト画像__T1を用いる場合について説明する。

- [0283] 補正部 211 は、3次元形状データ記憶部 5 から 3次元形状データ 3D_data を読み出し、投影対象である傾斜天井平面 CL の 3次元座標データを取得する。そして、補正部 211 は、点 P1、すなわち、投影軸 Ax1 と天井平面 CL との交点 Pc の法線上の点 P1 から見た場合に、幾何的な歪みのない状態の画像となるように、取得した傾斜天井平面 CL の 3次元座標データを用いて、画像 D1 に対して補正処理を行う。そして、補正部 211 は、補正処理後の画像を画像 D2 として第 2 セレクタ SEL2 に出力する。
- [0284] 制御部は、第 2 セレクタ SEL2 の、図 18 に示す端子 0 を選択する選択信号 sel2 を生成し、第 2 セレクタ SEL2 に出力する。これにより、第 2 セレクタ SEL2 から、画像 D2 が、画像 D3 として、第 3 セレクタ SEL3 に出力される。
- [0285] 制御部は、第 3 セレクタ SEL3 の、図 18 に示す端子 0 を選択する選択信号 sel3 を生成し、第 3 セレクタ SEL3 に出力する。これにより、第 3 セレクタ SEL3 から、画像 D3 が、画像 D4 として、第 4 セレクタ SEL4 に出力される。
- [0286] 制御部は、第 4 セレクタ SEL4 の、図 18 に示す端子 1 を選択する選択信号 sel4 を生成し、第 4 セレクタ SEL4 に出力する。これにより、第 4 セレクタ SEL4 から、画像 D4 が、画像 D5 として、第 5 セレクタ SEL5 に出力される。
- [0287] 制御部は、第 5 セレクタ SEL5 の、図 18 に示す端子 1 を選択する選択信号 sel5 を生成し、第 5 セレクタ SEL5 に出力する。これにより、第 5 セレクタ SEL5 から、画像 D5 が、画像 Dout として、投影部 3 に出力される。
- [0288] 投影部 3 は、第 5 セレクタ SEL5 からの画像 Dout を、図 21 に示す投影軸 Ax1 により、傾斜天井平面 CL に投影する。なお、この状態を「状態 1」とする。
- [0289] 図 23 は、状態 1 における 3次元空間を模式的に示した図である。具体的には、図 23 は、図 22 に示す第 1 テスト画像 img1_T1 が傾斜天井平

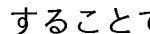
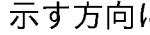
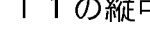
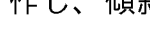
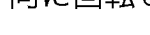
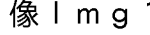
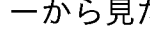
面CLに投影されている状態を模式的に示した図である。図23では、状態1において、ユーザーの視点Vpから見た第1テスト画像を画像として示している。また、図23では、状態1において、点P1から見た第1テスト画像を画像として示している。

[0290] 図23から、状態1において、ユーザーの視点Vpから見た第1テスト画像には、幾何的な歪みが発生しているが、点P1から見た第1テスト画像には、幾何的な歪みが発生していない（幾何的な歪みがほぼ発生していない）ことが分かる。

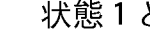
[0291] 投影システム2000において、上記のようにして補正処理が実行された後、第1回転処理が実行される。

[0292] (2. 2. 3 : 第1回転処理)

次に、第1回転処理について、説明する。

[0293] 図23に示した状態1において、ユーザーは、コントローラ200を操作することで、傾斜天井平面CLに投影されている画像を、傾斜天井平面CL内において、点Pcを中心として、図23に矢印Dir1で示す方向に回転させ、画像の縦中心線L1vが、ユーザーの視点Vpから見て垂直な直線に見えるようにする。つまり、画像の縦中心線L1vと、点Pcと、視点Vpとを含む平面と、ユーザーの両眼を結ぶ直線とが直交するように、ユーザーは、コントローラ200を操作し、傾斜天井平面CLに投影されている画像を、傾斜天井平面CL内において、点Pcを中心として、図23に矢印Dir1で示す方向に回転させる。なお、ユーザーは、画像の画像の上部（画像の線L1vと線L2hとが交差している部分）が、ユーザーから見たときに上部となるように、画像を回転させる。

[0294] この第1回転処理について、具体的に説明する。

[0295] 状態1と同様に、テスト画像記憶部2から、テスト画像が、第1セクタSEL1に出力される。そして、制御部は、第1セクタS

EL 1 の、図 1 8 に示す端子 0 を選択する選択信号 $s e l 1$ を生成し、第 1 セレクタ SEL 1 に出力する。これにより、第 1 セレクタ SEL 1 から、テスト画像 $l m g 1 _ _ T 1$ が、画像信号 D 1 として、第 1 切替器 SW 1 に出力される。

[0296] 制御部は、第 1 切替器 SW 1 の、図 1 8 に示す端子 1 を選択する切替信号 $s w 1$ を生成し、第 1 切替器 SW 1 に出力する。これにより、第 1 切替器 SW 1 から、テスト画像 $l m g 1 _ _ T 1$ が、画像信号 D 1 として、補正部 2 1 1 に出力される。

[0297] 補正部 2 1 1 は、画像 D 1 に対して、状態 1 で実行した処理と同じ補正処理を実行する。そして、補正部 2 1 1 は、補正処理後の画像を画像 D 2 として第 1 回転処理部 2 1 3 に出力する。

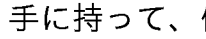
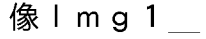

[0298] ユーザーは、コントローラ 2 0 0 を操作し、プロジェクター装置 2 1 0 0 に第 1 回転処理を実行させる。例えば、コントローラ 2 0 0 は、第 1 回転処理を行うためのボタンを 2 つ有しており、第 1 ボタン（一方のボタン）を 1 回押下することで、テスト画像 $l m g 1 _ _ T 1$ を、傾斜天井平面 CL 内において、図 2 3 の方向 $D i r 1$ の左方向に所定の角度だけ回転させる処理を実行し、第 2 ボタン（他方のボタン）を 1 回押下することで、テスト画像 $l m g 1 _ _ T 1$ が、傾斜天井平面 CL 内において、図 2 3 の方向 $D i r 1$ の右方向に所定の角度だけ回転させる処理を実行することができる。

[0299] ここでは、第 1 ボタンが押下された場合について説明する。

[0300] コントローラ 2 0 0 の第 1 ボタンが 1 回押下されると、ユーザーインターフェース 2 3 は、第 1 ボタンが 1 回押下されたこと示す信号を発生させる。コントローラ 2 0 0 の制御部 2 2 は、ユーザーインターフェース 2 3 が発生させた信号に基づいて、第 1 ボタンが 1 回押下されたこと示す信号を、第 2 インターフェース 2 1 を介して、プロジェクター装置 2 1 0 0 の第 1 インターフェースに送信する。

[0301] なお、コントローラ 2 0 0 は、ユーザーが手に持って操作できるものであり、コントローラ 2 0 0 とプロジェクター装置 2 1 0 0 とは、例えば、無線

通信により、信号の送受信を行う。

- [0302] 例えば、ユーザーは、図23に示す状態において、コントローラ200を手にとって、傾斜天井平面CLに投影されている画像を見ながら、コントローラ200を操作し、傾斜天井平面CLに投影されている画像を回転させる。
- [0303] プロジェクター装置2100の第1インターフェースは、コントローラ200の第2インターフェースから送信された信号を受信し、受信した信号を信号Sig1として第2切替器212に出力する。
- [0304] 第2切替器212は、制御部により生成された切替信号sw2に基づいて、図18に示す端子Aを選択し、信号Sig1を第1回転処理部213に出力する。
- [0305] 第1回転処理部213は、信号Sig1と、3次元形状データ3D_dataと、投影部3の投影点についての情報P_prjとに基づいて、補正部211から出力される画像D2に対して第1回転処理を実行する。
- [0306] なお、第1回転処理部213は、3次元形状データ3D_dataと、投影部3の投影点についての情報P_prjとを用いずに、信号Sig1に基づいて、補正部211から出力される画像D2に対して第1回転処理を実行するようにしてもよい。この場合、3次元形状データ3D_dataと、投影部3の投影点についての情報P_prjとは、第1回転処理部213に入力されなくてもよい。
- [0307] 具体的には、第1回転処理部213は、点P1から傾斜天井平面CLを見たときに、傾斜天井平面CL内において、点Pcを中心として、画像が、図23に示す矢印Dir1の左方向に、信号Sig1により決定される所定の角度だけ回転した画像となるように、画像D2に対して変換処理（第1回転処理）を行う。そして、第1回転処理部213は、処理後の画像を、画像D21（画像信号D21）として、第2セクタSEL2に出力する。
- [0308] 第2セクタSEL2は、制御部により生成された選択信号sel2に基

づいて、図18に示す端子1を選択し、画像D21を画像D3として、第3セクタSEL3に出力する。

[0309] 第3セクタSEL3は、制御部により生成された選択信号sel3に基づいて、図18に示す端子0を選択し、画像D3(=画像D21)を、画像D4として、第4セクタSEL4に出力する。

[0310] 第4セクタSEL4は、制御部により生成された選択信号sel4に基づいて、図18に示す端子1を選択し、画像D4(=画像D21)を、画像D5として、第5セクタSEL5に出力する。

[0311] 第5セクタSEL5は、制御部により生成された選択信号sel5に基づいて、図18に示す端子1を選択し、画像D5(=画像D21)を、画像Doutとして、投影部3に出力する。

[0312] 投影部3は、第5セクタSEL5からの画像Dout(=画像D21)を、図23に示す投影軸Ax1により、傾斜天井平面CLに投影する。これにより、点P1から傾斜天井平面CLを見たときに、画像img1__T1は、点Pcを中心として、所定の角度だけ方向Dir1に回転した画像となる。

[0313] 上記操作を繰り返すことで、画像img1__T1の縦中心線L1vが、ユーザーの視点Vpから見て垂直な直線に見えるようにする。この状態、つまり、画像img1__T1の縦中心線L1vと、点Pcと、視点Vpとを含む平面が、ユーザーの両眼を結ぶ直線と直交している状態を「状態2」とする。

[0314] 図24は、状態2における3次元空間を模式的に示した図である。図24では、状態2において、ユーザーの視点Vpから見たテスト画像img1__T1を画像img1__T1(Vp)として示している。

[0315] 図24から、状態2において、テスト画像img1__T1(Vp)の縦中心線L1vが、ユーザーの視点Vpから見て垂直な直線に見えることが分かる。

[0316] そして、第1回転処理部213は、状態2において、縦中心線L1vを含む直線を特定するためのデータを取得し、保持する。縦中心線L1vを含む

直線を特定するためのデータとしては、例えば、（１）当該直線を規定する方程式（直線方程式）のデータや（２）当該直線に含まれる異なる２点の座標を特定するためのデータ等がある。

[0317] そして、第１回転処理部２１３は、縦中心線 $L1v$ を含む直線を特定するためのデータを含む検出信号を $Det1$ として、視点特定処理部２１５に出力する。

[0318] 投影システム２０００において、上記のようにして第１回転処理が実行された後、第２回転処理が実行される。

[0319] （２．２．４：補正処理（第２テスト画像用））

図２５は、第２回転処理に用いるテスト画像 $img1$ の一例である第２テスト画像 $img1_T2$ を示す図である。

[0320] 図２６は、第２回転処理を説明するための図であり、 b 軸正方向から負方向に向かって、傾斜天井平面 CL を含む３次元空間を見た図（正面図）である。

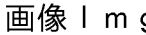
[0321] 補正部２１１では、入力画像を、第２テスト画像 $img1_T2$ として、上記で説明したのと同様に、補正処理が実行される。つまり、以下の処理が実行される。

[0322] テスト画像記憶部２から、第２テスト画像 $img1_T2$ が、第１セレクタ $SEL1$ に出力される。そして、制御部は、第１セレクタ $SEL1$ の、図１８に示す端子０を選択する選択信号 $sel1$ を生成し、第１セレクタ $SEL1$ に出力する。これにより、第１セレクタ $SEL1$ から、テスト画像 $img1_T2$ が、画像信号 $D1$ として、第１切替器 $SW1$ に出力される。

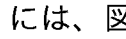
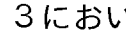

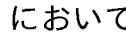
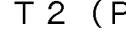
[0323] 図２５に示すように、第２テスト画像 $img1_T2$ は、長方形の画像である。そして、第２テスト画像 $img1_T2$ は、図２５に示すように、画像の縦方向（垂直方向）の中央において横方向（水平方向）に延びる横中心線 $L1h$ を有するパターンの画像である。

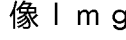
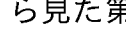
[0324] なお、図２５に示す第２テスト画像 $img1_T2$ は、一例であり、図２５に示した画像に限定されることはなく、画像の水平方向の歪を認識するこ

とができる他の画像であってもよい。

- [0325] 説明便宜のため、以下では、テスト画像として、図25に示す第2テスト画像を用いる場合について説明する。
- [0326] 補正部211は、3次元形状データ記憶部5から3次元形状データ3D_dataを読み出し、投影対象である傾斜天井平面CLの3次元座標データを取得する。そして、補正部211は、点P1、すなわち、投影軸Ax1と天井平面CLとの交点Pcの法線上の点P1から見た場合に、幾何的な歪みのない状態の画像となるように、取得した傾斜天井平面CLの3次元座標データを用いて、画像D1に対して補正処理を行う。そして、補正部211は、補正処理後の画像を画像D2として第2セクタSEL2に出力する。
- [0327] 制御部は、第2セクタSEL2の、図18に示す端子0を選択する選択信号sel2を生成し、第2セクタSEL2に出力する。これにより、第2セクタSEL2から、画像D2が、画像D3として、第3セクタSEL3に出力される。
- [0328] 制御部は、第3セクタSEL3の、図18に示す端子0を選択する選択信号sel3を生成し、第3セクタSEL3に出力する。これにより、第3セクタSEL3から、画像D3が、画像D4として、第4セクタSEL4に出力される。
- [0329] 制御部は、第4セクタSEL4の、図18に示す端子1を選択する選択信号sel4を生成し、第4セクタSEL4に出力する。これにより、第4セクタSEL4から、画像D4が、画像D5として、第5セクタSEL5に出力される。
- [0330] 制御部は、第5セクタSEL5の、図18に示す端子1を選択する選択信号sel5を生成し、第5セクタSEL5に出力する。これにより、第5セクタSEL5から、画像D5が、画像Doutとして、投影部3に出力される。
- [0331] 投影部3は、第5セクタSEL5からの画像Doutを、図21に示す投影軸Ax1により、傾斜天井平面CLに投影する。なお、この状態を「状

態3」とする。

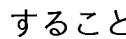
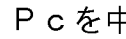
[0332] 図26は、状態3における3次元空間を模式的に示した図である。具体的には、図26は、図25に示す第2テスト画像が傾斜天井平面CLに投影されている状態を模式的に示した図である。図26では、状態3において、ユーザーの視点Vpから見た第2テスト画像を画像として示している。また、図26では、状態1において、点P1から見た第2テスト画像を画像として示している。

[0333] 図26から、状態3において、ユーザーの視点Vpから見た第2テスト画像には、幾何的な歪みが発生しているが、点P1から見た第2テスト画像には、幾何的な歪みが発生していない（幾何的な歪みがほぼ発生していない）ことが分かる。

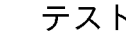
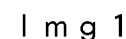
[0334] 投影システム2000において、上記のようにして補正処理が実行された後、第2回転処理が実行される。

[0335] (2. 2. 5 : 第2回転処理)

次に、第2回転処理について、説明する。

[0336] 図26に示した状態3において、ユーザーは、コントローラ200を操作することで、傾斜天井平面CLに投影されている画像を、点Pcを中心として、図26に矢印Dir2で示す方向に回転させ、画像の横中心線L1hが、ユーザーの視点Vpから見て水平な直線に見えるようにする。

[0337] この第2回転処理について、具体的に説明する。

[0338] テスト画像記憶部2から、第2テスト画像が、第1セクタSEL1に出力される。そして、制御部は、第1セクタSEL1の、図18に示す端子0を選択する選択信号sel1を生成し、第1セクタSEL1に出力する。これにより、第1セクタSEL1から、第2テスト画像が、画像信号D1として、第1切替器SW1に出力される。

[0339] 制御部は、第1切替器SW1の、図18に示す端子1を選択する切替信号

s w 1 を生成し、第 1 切替器 S W 1 に出力する。これにより、第 1 切替器 S W 1 から、第 2 テスト画像 I m g 1 __ T 2 が、画像信号 D 1 として、補正部 2 1 1 に出力される。

[0340] 補正部 2 1 1 は、画像 D 1 に対して、状態 3 で実行した処理と同じ補正処理を実行する。そして、補正部 2 1 1 は、補正処理後の画像を画像 D 2 として第 2 セレクタ S E L 2 に出力する。

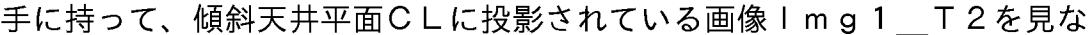
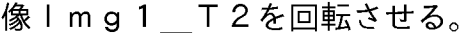
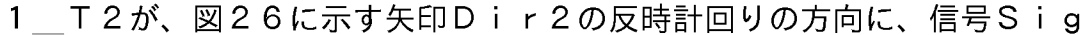
[0341] 制御部は、第 2 セレクタ S E L 2 の、図 1 8 に示す端子 0 を選択する選択信号 s e l 2 を生成し、第 2 セレクタ S E L 2 に出力する。これにより、第 2 セレクタ S E L 2 から、第 2 テスト画像 I m g 1 __ T 2 が、画像信号 D 3 として第 2 回転処理部 2 1 4 に出力される。

[0342] ユーザーは、コントローラ 2 0 0 を操作し、プロジェクター装置 2 1 0 0 に第 2 回転処理を実行させる。例えば、コントローラ 2 0 0 は、第 2 回転処理を行うためのボタンを 2 つ有しており、第 1 ボタン（一方のボタン）を 1 回押下することで、第 2 テスト画像 I m g 1 __ T 2 を、傾斜天井平面 C L 内において、図 2 6 の方向 D i r 2 の左方向に所定の角度だけ回転させる処理を実行し、第 2 ボタン（他方のボタン）を 1 回押下することで、第 2 テスト画像 I m g 1 __ T 2 が、傾斜天井平面 C L 内において、図 2 6 の方向 D i r 2 の右方向に所定の角度だけ回転させる処理を実行することができる。

[0343] ここでは、第 1 ボタンが押下された場合について説明する。

[0344] コントローラ 2 0 0 の第 1 ボタンが 1 回押下されると、ユーザーインターフェース 2 3 は、第 1 ボタンが 1 回押下されたこと示す信号を発生させる。コントローラ 2 0 0 の制御部 2 2 は、ユーザーインターフェース 2 3 が発生させた信号に基づいて、第 1 ボタンが 1 回押下されたこと示す信号を、第 2 インターフェース 2 1 を介して、プロジェクター装置 2 1 0 0 の第 1 インターフェースに送信する。

[0345] なお、コントローラ 2 0 0 は、ユーザーが手に持って操作できるものであり、コントローラ 2 0 0 とプロジェクター装置 2 1 0 0 とは、例えば、無線通信により、信号の送受信を行う。

- [0346] 例えば、ユーザーは、図26に示す状態において、コントローラ200を手にとって、傾斜天井平面CLに投影されている画像を見ながら、コントローラ200を操作し、傾斜天井平面CLに投影されている画像を回転させる。
- [0347] プロジェクター装置2100の第1インターフェースは、コントローラ200の第2インターフェースから送信された信号を受信し、受信した信号を信号Sig1として第2切替器212に出力する。
- [0348] 第2切替器212は、制御部により生成された切替信号sw2に基づいて、図18に示す端子Bを選択し、信号Sig1を第2回転処理部214に出力する。
- [0349] 第2回転処理部214は、信号Sig1と、3次元形状データ3D_dataと、投影部3の投影点についての情報P_prjとに基づいて、第2セクタSEL2から出力される画像D3に対して第2回転処理を実行する。
- [0350] なお、第2回転処理部214は、3次元形状データ3D_dataと、投影部3の投影点についての情報P_prjとを用いずに、信号Sig1に基づいて、補正部211から出力される画像D3に対して第2回転処理を実行するようにしてもよい。この場合、3次元形状データ3D_dataと、投影部3の投影点についての情報P_prjとは、第2回転処理部214に入力されなくてもよい。
- [0351] 具体的には、第2回転処理部214は、点P1から傾斜天井平面CLを見たときに、傾斜天井平面CL内において、点Pcを中心として、画像が、図26に示す矢印Dir2の反時計回りの方向に、信号Sig1により決定される所定の角度だけ回転した画像となるように、画像D3に対して変換処理（第2回転処理）を行う。そして、第2回転処理部214は、処理後の画像を、画像D31（画像信号D31）として、第3セクタSEL3に出力する。
- [0352] 第3セクタSEL3は、制御部により生成された選択信号sel3に基づいて、図18に示す端子1を選択し、画像D31を画像D4として、第4

セレクトアSEL4に出力する。

[0353] 第4セレクトアSEL4は、制御部により生成された選択信号sel4に基づいて、図18に示す端子1を選択し、画像D4を、画像D5として、第5セレクトアSEL5に出力する。

[0354] 第5セレクトアSEL5は、制御部により生成された選択信号sel5に基づいて、図18に示す端子1を選択し、画像D5(=画像D31)を、画像Doutとして、投影部3に出力する。

[0355] 投影部3は、第5セレクトアSEL5からの画像Dout(=画像D31)を、図26に示す投影軸Ax1により、傾斜天井平面CLに投影する。これにより、点P1から傾斜天井平面CLを見たときに、画像img1__T2は、点Pcを中心として、所定の角度だけ方向Dir2に回転した画像となる。

[0356] 上記操作を繰り返すことで、画像img1__T2の横中心線L1hが、ユーザーの視点Vpから見て水平な直線に見えるようにする。この状態、つまり、画像img1__T2の横中心線L1hと、ユーザーの両眼を結ぶ直線とが平行である状態を「状態4」とする。

[0357] 図27は、状態4における3次元空間を模式的に示した図である。

[0358] 図27から、状態4において、テスト画像img1__T1(Vp)の横中心線L1hが、ユーザーの視点Vpから見て水平な直線に見えることが分かる。

[0359] そして、第2回転処理部214は、状態4において、横中心線L1hを含む直線を特定するためのデータを取得し、保持する。横中心線L1hを含む直線を特定するためのデータとしては、例えば、(1)当該直線を規定する方程式(直線方程式)のデータや(2)当該直線に含まれる異なる2点の座標を特定するためのデータ等がある。

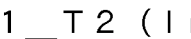
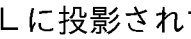
[0360] そして、第2回転処理部214は、横中心線L1hを含む直線を特定するためのデータを含む検出信号をDet2として、視点特定処理部215に出力する。

[0361] 投影システム2000において、上記のようにして第2回転処理が実行さ

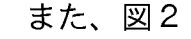
れた後、視点特定処理が実行される。




[0362] (2. 2. 6 : 視点特定処理)




次に、視点特定処理について、説明する。


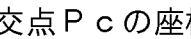
[0363] 図28は、視点特定処理を説明するための図である。具体的には、図28は、状態4において、傾斜天井平面CLに投影されているテスト画像と、状態2において、傾斜天井平面CLに投影されているテスト画像とを重畳して示した図である。

[0364] なお、図28に示した状態を、「状態4A」とする。

[0365] また、図28では、視点の候補点を示す視点候補曲線を図示している。

[0366] 視点候補取得部151の交点算出部1511は、第1回転処理部213から出力される検出信号から、第1直線のデータを取得し、状態4Aにおける縦中心線を含む直線上(第1直線上)の点Paの座標データを取得する。

[0367] また、交点算出部1511は、第2回転処理部214から出力される検出信号から、第2直線のデータを取得し、状態4Aにおける横中心線を含む直線上(第2直線上)の点Pbの座標データを取得する。

[0368] また、交点算出部1511は、第1直線と第2直線の交点Pcの座標データを取得する。例えば、交点算出部1511は、第1直線の直線方程式と、第2直線の直線方程式とを求め、求めた第1直線の直線方程式と、第2直線の直線方程式とから、算出により、第1直線と第2直線の交点Pcの座標データを取得する。

[0369] なお、交点算出部1511は、図21に示したx軸、y軸、z軸で規定されるxyz空間における点Pa、点Pb、点Pcの座標データを、以下のデータとして取得するものとする。

$$\text{Data (Pa)} = (ax, ay, az)$$

$$\text{Data (Pb)} = (bx, by, bz)$$

$$\text{Data (Pc)} = (cx, cy, cz)$$

交点算出部1511は、取得した点PaのデータData (Pa)と、取得した点PbのデータData (Pb)と、を係数算出部1512に出力する。

[0370] 係数算出部1512は、点PaのデータData (Pa)と、点PbのデータData (Pb)とから、

$$A = -ax \times by + ay \times bx$$

$$B = -ax \times bz + az \times bx$$

$$C = -az \times by + ay \times bz$$

に相当する処理を実行し、係数A、B、Cを取得する。

[0371] そして、係数算出部1512は、取得した係数A、B、Cについての情報(データ)を、変換行列取得部1513に出力する。

[0372] 変換行列取得部1513は、係数A、B、Cと、点PaのデータData (Pa)とを用いて、以下の数式に相当する処理を実行することで、変換行列Rx、Ry、Rzを取得する。

[数8]

$$Rx = \frac{1}{\sqrt{A^2 + B^2}} \begin{pmatrix} \sqrt{A^2 + B^2} & 0 & 0 \\ 0 & A & B \\ 0 & -B & A \end{pmatrix}$$

.....(8)

[数9]

$$Ry = \frac{1}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}} \begin{pmatrix} \sqrt{A^2 + B^2} & 0 & C \\ 0 & \sqrt{A^2 + B^2 + C^2} & 0 \\ -C & 0 & \sqrt{A^2 + B^2} \end{pmatrix} \dots\dots\dots(9)$$

[数10]

$$Rz = \frac{1}{k1} \begin{pmatrix} a_y A + a_z B & -a_x \sqrt{A^2 + B^2 + C^2} & 0 \\ a_x \sqrt{A^2 + B^2 + C^2} & a_y A + a_z B & 0 \\ 0 & 0 & k1 \end{pmatrix}$$

$$k1 = \sqrt{a_x^2 (A^2 + B^2 + C^2) + (a_y A + a_z B)^2} \dots\dots\dots(10)$$

そして、変換行列取得部 1513 は、取得した変換行列 R x、R y、R z についてのデータを、変換行列合成部 1514 に出力する。

[0373] 変換行列合成部 1514 は、変換行列 R x、R y、R z から、

$$R = R z \cdot R y \cdot R x$$

に相当する処理（行列の合成処理）を行い、合成行列 R を取得する。

[0374] そして、変換行列合成部 1514 は、取得した合成行列 R についてのデータを、逆変換行列取得部 1515 と、変換部 1516 とに、出力する。

[0375] 逆変換行列取得部 1515 は、合成行列 R から、逆変換行列 R⁻¹ を取得し、取得した逆変換行列 R⁻¹ についてのデータを視点候補点算出部 1519 に出力する。

[0376] 変換部 1516 は、合成行列 R と、点 P b のデータ Data (P b) とを用いて、以下の数式に相当する処理を実行することで、点 P b' についてのデータ（座標データ）を取得する。

[数11]

$$\begin{pmatrix} b_x' \\ b_y' \\ b_z' \end{pmatrix} = R \begin{pmatrix} b_x \\ b_y \\ b_z \end{pmatrix} \dots\dots\dots (11)$$

そして、変換部1516は、取得した点P b' についてのデータData (P b') (= (b x' , b y' , b z')) を、係数取得部1517と、視点候補点算出部1519とに出力する。

[0377] 角度取得部1518は、第1インターフェース6から出力される信号S i g 1を入力し、信号S i g 1に基づいて、角度θを取得する。角度取得部1518は、例えば、信号S i g 1が入力された場合、信号S i g 1の信号値に基づいて、角度θが、信号S i g 1が入力される前に設定されていた角度から、所定の角度だけ変化するように角度θを変化させる。

[0378] そして、角度取得部1518は、取得した角度θについてのデータを、係数取得部1517と、視点候補点算出部1519とに出力する。

[0379] 係数取得部1517は、データData (P b') と、角度θと、に基づいて、係数A' を、以下の数式に相当する処理により取得する。

[数12]

$$A' = b_y'^2 + b_x'^2 \sin^2 \theta \dots\dots\dots (12)$$

そして、係数取得部1517は、取得した係数A' についてのデータを、視点候補点算出部1519に出力する。

[0380] 視点候補点算出部1519は、データData (P c) と、角度θと、係数A' と、データData (P b') と、逆変換行列R⁻¹とに基づいて、以下の数式に相当する処理を実行することで、視点候補点の座標データV p _ c a n d (= (x, y, z)) を取得する。

(1) $b_y' > 0$ のとき ($-\pi/2 < \theta < 0$)

[数13]

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \frac{R^{-1}}{\sqrt{A'}} \begin{pmatrix} b_x' \sin^2 \theta \\ b_y' \\ -b_x' \sin \theta \cos \theta \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} c_x \\ c_y \\ c_z \end{pmatrix} \quad \dots\dots\dots(13)$$

(2) $b_y' \leq 0$ のとき ($0 < \theta < \pi/2$)

[数14]

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \frac{R^{-1}}{\sqrt{A'}} \begin{pmatrix} -b_x' \sin^2 \theta \\ -b_y' \\ b_x' \sin \theta \cos \theta \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} c_x \\ c_y \\ c_z \end{pmatrix} \quad \dots\dots\dots(14)$$

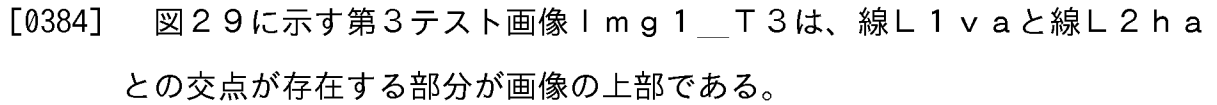
そして、視点候補点算出部1519は、上記処理により取得した視点候補点の座標データ $Vp_cand (= (x, y, z))$ を投影画像取得部152に出力する。

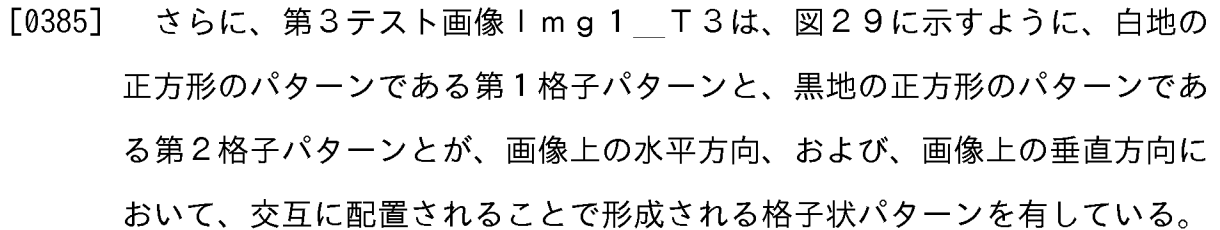
[0381] 上記のようにして、投影システム2000では、視点特定処理が実行される。

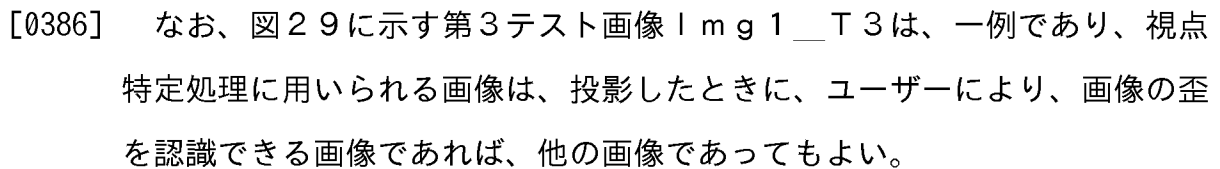
[0382] 図29に、テスト画像 $img1$ の一例である第3テスト画像 $img1_T3$ を示す。第3テスト画像 $img1_T3$ は、視点特定処理に用いられる画像である。

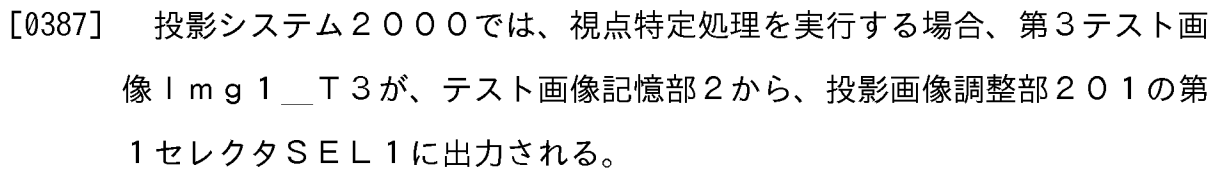
[0383] 図29に示すように、第3テスト画像 $img1_T3$ は、長方形の画像である。そして、第3テスト画像 $img1_T3$ は、図29に示すように、画像の横方向（水平方向）の中央において縦方向（垂直方向）に延びる縦中心線 $L1va$ を有し、画像の上部に水平方向（横方向）に引かれた線 $L2ha$ を有し、画像の中心点に円 $C1$ を有するパターンの画像である。また、第3テスト画像 $img1_T3$ は、図29に示すように、画像の縦方向（垂直方

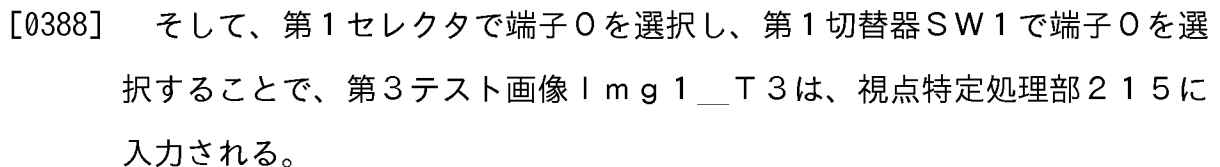
向)の中央において横方向(水平方向)に延びる横中心線 $L1ha$ を有している。

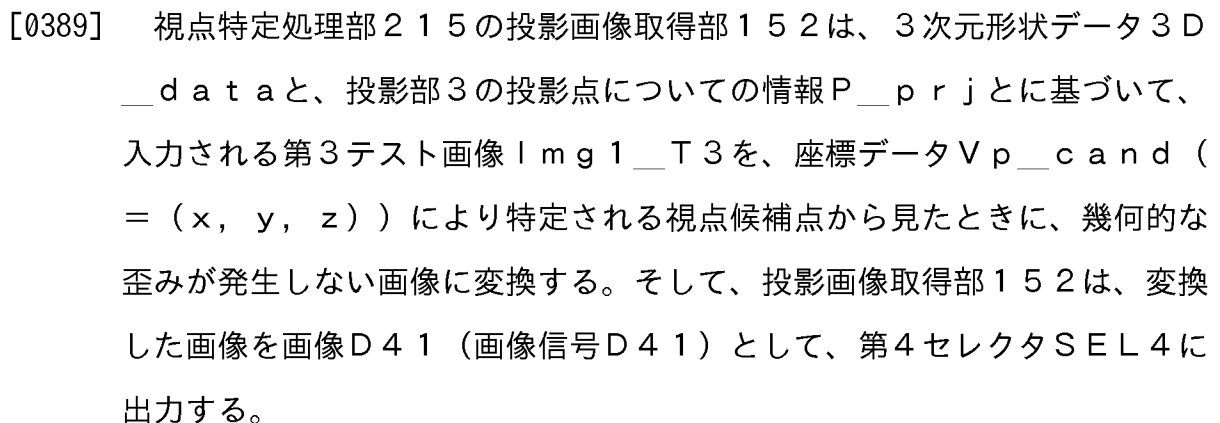
[0384] 図29に示す第3テスト画像は、線 $L1va$ と線 $L2ha$ との交点が存在する部分が画像の上部である。

[0385] さらに、第3テスト画像は、図29に示すように、白地の正方形のパターンである第1格子パターンと、黒地の正方形のパターンである第2格子パターンとが、画像上の水平方向、および、画像上の垂直方向において、交互に配置されることで形成される格子状パターンを有している。

[0386] なお、図29に示す第3テスト画像は、一例であり、視点特定処理に用いられる画像は、投影したときに、ユーザーにより、画像の歪みを認識できる画像であれば、他の画像であってもよい。

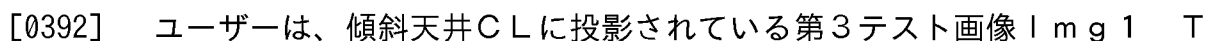
[0387] 投影システム2000では、視点特定処理を実行する場合、第3テスト画像が、テスト画像記憶部2から、投影画像調整部201の第1セレクタSEL1に出力される。

[0388] そして、第1セレクタで端子0を選択し、第1切替器SW1で端子0を選択することで、第3テスト画像は、視点特定処理部215に入力される。

[0389] 視点特定処理部215の投影画像取得部152は、3次元形状データ3D__dataと、投影部3の投影点についての情報P__prjとに基づいて、入力される第3テスト画像を、座標データVp__cand($= (x, y, z)$)により特定される視点候補点から見たときに、幾何的な歪みが発生しない画像に変換する。そして、投影画像取得部152は、変換した画像を画像D41(画像信号D41)として、第4セレクタSEL4に出力する。

[0390] そして、画像D41は、第5セレクタSEL5から投影部3に、画像Doutとして出力される。

[0391] 投影部3は、画像Dout(画像D41)を傾斜天井CLに投影する。

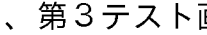
[0392] ユーザーは、傾斜天井CLに投影されている第3テスト画像

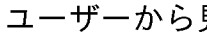
3の歪度合いが小さくなるように、コントローラ200を操作する。

[0393] ユーザーのコントローラ200の操作に応じて、投影システム2000では、上記の視点特定処理が繰り返し実行される。

[0394] 図28において、N回目(N:自然数)の視点特定処理により、特定された視点候補点を $Vp_cand(N)$ として示しており、N+1回目の視点特定処理により、特定された視点候補点を $Vp_cand(N+1)$ として示している。なお、点Pcと、ユーザーの視点Vpとを結ぶ直線上に、視点候補点 $Vp_cand(N+1)$ が存在するものとする。

[0395] ユーザーがコントローラ200を操作し、N+1回目の視点特定処理が実行されることで、視点候補点が $Vp_cand(N+1)$ となり、ユーザーの視点Vpから見たときに、幾何的な歪みのない画像が、傾斜天井CLに投影される。

[0396] 図30は、投影システム2000により、N+1回目の視点特定処理が実行され、視点候補点が $Vp_cand(N+1)$ に特定された場合において、第3テスト画像が傾斜天井CLに投影されているときの状態(この状態を「状態5」という)を示す図である。

[0397] 図30から分かるように、点Pcとユーザーの視点Vpとを結ぶ直線上に、視点候補点 $Vp_cand(N+1)$ が存在するので、状態5において、ユーザーから見たときに、第3テスト画像は、幾何的な歪みのない画像として認識される。

[0398] 以上のようにして、投影システム2000では、視点特定処理が実行され、ユーザーの視点Vpから見たときに幾何的な歪みのない画像(幾何的な歪みの低減された画像)を、傾斜天井平面CLに投影することができる。

[0399] ユーザーは、傾斜天井平面CLに投影されている画像の幾何的な歪みが十分低減されている状態(状態5)を確認し、プロジェクター装置2100における調整処理(画像の幾何的な歪みを低減させるための調整処理)を終了させる。例えば、ユーザーは、コントローラ200を操作して、プロジェクター装置2100における調整処理(画像の幾何的な歪みを低減させるため

の調整処理)を終了させる。

[0400] プロジェクター装置2100は、上記プロジェクター装置2100における調整処理(画像の幾何的な歪みを低減させるための調整処理)を終了させるための信号を、コントローラ200から受信する。

[0401] プロジェクター装置2100は、コントローラ200から上記信号を受信した場合、現在の設定により、画像が傾斜天井CLに投影されるようにする。

[0402] そして、プロジェクター装置2100は、画像信号(あるいは、映像信号)Dinを表示(投影)するモードに切り替えられた場合、第1セクタSEL1において、端子1が選択されるようにし、さらに、第1切替器SW1において、端子0が選択されるようにして、画像信号Dinを、視点特定処理部215に出力する。そして、視点特定処理部215では、ユーザーの視点Vp(点Vp_cand(N+1))から見たときに幾何的な歪の発生しない画像Dinを画像に変換し、変換した画像を、画像D41として、第4セクタSEL4に出力する。

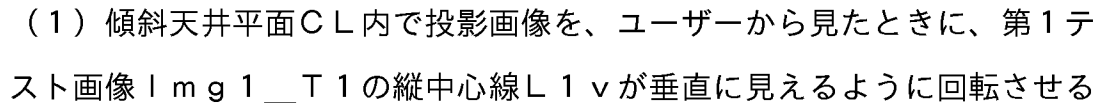
[0403] プロジェクター装置2100は、第4セクタSEL4において端子0が、第5セクタにおいて端子1が、それぞれ、選択されるようにする。これにより、画像D41が画像Doutとして、投影部3に出力される。

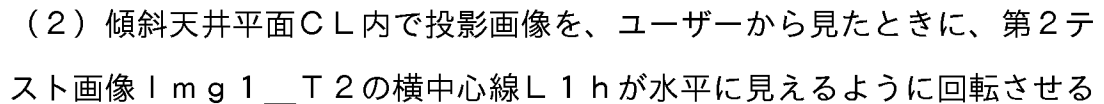
[0404] そして、プロジェクター装置2100の投影部3より、画像Dout(画像D41)が、傾斜天井CLに投影される。

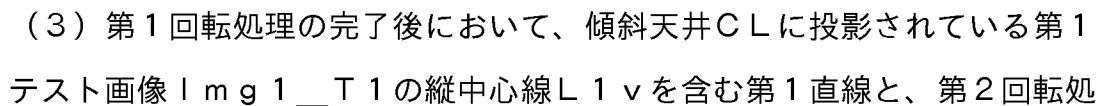
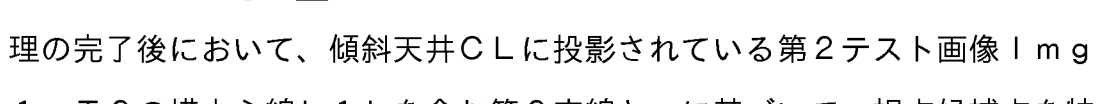
[0405] これにより、プロジェクター装置2100に入力された画像Din(あるいは、映像Din)が、傾斜天井平面CLに投影された画像(映像)は、ユーザーの視点Vpから見たときに幾何的な歪みのない(低減された)画像(映像)となる。

[0406] 以上のように、投影システム2000では、表示したときの上部が分かるテスト画像を傾斜天井平面CLに投影し、ユーザーがコントローラ200により、以下の(1)~(3)の処理をプロジェクター装置2100に実行させることで、傾斜天井平面CLに投影されている画像の幾何的な歪みをなく

す（低減させる）ことができる。

（１）傾斜天井平面 CL 内で投影画像を、ユーザーから見たときに、第１テスト画像の縦中心線 $L 1 v$ が垂直に見えるように回転させる処理（第１回転処理）。

（２）傾斜天井平面 CL 内で投影画像を、ユーザーから見たときに、第２テスト画像の横中心線 $L 1 h$ が水平に見えるように回転させる処理（第２回転処理）。

（３）第１回転処理の完了後において、傾斜天井 CL に投影されている第１テスト画像の縦中心線 $L 1 v$ を含む第１直線と、第２回転処理の完了後において、傾斜天井 CL に投影されている第２テスト画像の横中心線 $L 1 h$ を含む第２直線と、に基づいて、視点候補点を特定し、特定した視点候補点から見たときに、幾何的な歪のない画像を生成し、当該画像を投影する処理（視点特定処理）。

[0407] したがって、投影システム２０００では、撮影機能を有する機器を用いることなく、傾斜投影面（例えば、傾斜天井）に投影された画像の幾何的な歪みを、容易かつ適切に、なくす（低減させる）ことができる。

[0408] < １． ３：投影方法 >

次に、投影システム２０００で実行される投影方法について、説明する。

[0409] 図３１は、投影システム２０００で実行される投影方法のフローチャートを示す図である。

[0410] 図３２は、投影システム２０００で実行される投影方法の視点特定処理のフローチャートを示す図である。

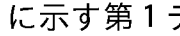
[0411] 以下では、図３１、図３２のフローチャートを参照しながら、投影システム２０００で実行される投影方法について、説明する。


[0412] （ステップＳ１）：

ステップＳ１において、投影システム２０００では、第１回転処理が実行される。

[0413] 第１回転処理は、上記「（２． ２． ３：第１回転処理）」で説明した処理

と同様の処理である。

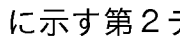
[0414] 第1回転処理では、プロジェクター装置2100により、例えば、図22に示す第1テスト画像が傾斜天井CLに投影される。

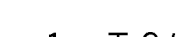
[0415] そして、ユーザーは、傾斜天井CLに投影されている第1テスト画像において、縦中心線L1vが垂直な直線に見えるようになるまで、コントローラ200を操作する。

[0416] (ステップS2) :

ステップS2において、投影システム2000では、第2回転処理が実行される。

[0417] 第2回転処理は、上記「(2.2.5:第2回転処理)」で説明した処理と同様の処理である。

[0418] 第2回転処理では、プロジェクター装置2100により、例えば、図25に示す第2テスト画像が傾斜天井CLに投影される。

[0419] そして、ユーザーは、傾斜天井CLに投影されている第2テスト画像において、横中心線L1hが水平な直線に見えるようになるまで、コントローラ200を操作する。

[0420] (ステップS3) :

ステップS3において、投影システム2000では、視点特定処理が実行される。

[0421] 視点特定処理は、上記「(2.2.6:視点特定処理)」で説明した処理と同様の処理である。

[0422] (ステップS301) :

ステップS301において、視点候補取得部151の交点算出部1511は、第1回転処理部213から出力される検出信号Det1から、第1直線のデータを取得し、状態4Aにおける縦中心線L1vを含む直線上(第1直線上)の点Paの座標データData(Pa)(=(ax, ay, az))を取得する。

[0423] また、交点算出部1511は、第2回転処理部214から出力される検出

信号Det 2から、第2直線のデータを取得し、状態4 Aにおける横中心線L 1 hを含む直線上（第2直線上）の点P bの座標データData (P b) (= (b x, b y, b z)) を取得する。

[0424] (ステップS 3 0 2) :

ステップS 3 0 2において、交点算出部1 5 1 1は、第1直線と第2直線の交点P cの座標データData (P c) (= (c x, c y, c z)) を取得する。例えば、交点算出部1 5 1 1は、第1直線の直線方程式と、第2直線の直線方程式とを求め、求めた第1直線の直線方程式と、第2直線の直線方程式とから、算出により、第1直線と第2直線の交点P cの座標データData (P c) (= (c x, c y, c z)) を取得する。

[0425] なお、交点算出部1 5 1 1は、図2 1に示したx軸、y軸、z軸で規定されるx y z空間における点P a、点P b、点P cの座標データを、以下のデータとして取得するものとする。

$$\text{Data (P a)} = (\text{a x}, \text{a y}, \text{a z})$$

$$\text{Data (P b)} = (\text{b x}, \text{b y}, \text{b z})$$

$$\text{Data (P c)} = (\text{c x}, \text{c y}, \text{c z})$$

(ステップS 3 0 3) :

ステップS 3 0 3において、係数算出部1 5 1 2は、点P aのデータData (P a) と、点P bのデータData (P b) とから、

$$A = -\text{a x} \times \text{b y} + \text{a y} \times \text{b x}$$

$$B = -\text{a x} \times \text{b z} + \text{a z} \times \text{b x}$$

$$C = -\text{a z} \times \text{b y} + \text{a y} \times \text{b z}$$

に相当する処理を実行し、係数A、B、Cを取得する。

[0426] (ステップS 3 0 4) :

ステップS 3 0 4において、変換行列取得部1 5 1 3は、係数A、B、Cと、点P aのデータData (P a) とを用いて、以下の数式に相当する処理を実行することで、変換行列R x、R y、R zを取得する。

[数15]

$$R_x = \frac{1}{\sqrt{A^2 + B^2}} \begin{pmatrix} \sqrt{A^2 + B^2} & 0 & 0 \\ 0 & A & B \\ 0 & -B & A \end{pmatrix} \dots\dots\dots(15)$$

[数16]

$$R_y = \frac{1}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}} \begin{pmatrix} \sqrt{A^2 + B^2} & 0 & C \\ 0 & \sqrt{A^2 + B^2 + C^2} & 0 \\ -C & 0 & \sqrt{A^2 + B^2} \end{pmatrix} \dots\dots\dots(16)$$

[数17]

$$R_z = \frac{1}{k1} \begin{pmatrix} a_y A + a_z B & -a_x \sqrt{A^2 + B^2 + C^2} & 0 \\ a_x \sqrt{A^2 + B^2 + C^2} & a_y A + a_z B & 0 \\ 0 & 0 & k1 \end{pmatrix}$$

$$k1 = \sqrt{a_x^2 (A^2 + B^2 + C^2) + (a_y A + a_z B)^2} \dots\dots\dots(17)$$

(ステップS305) :

ステップS305において、変換行列合成部1514は、変換行列Rx、Ry、Rzから、

$$R = R_z \cdot R_y \cdot R_x$$

に相当する処理（行列の合成処理）を行い、合成行列Rを取得する。

[0427] (ステップS306) :

ステップS306において、逆変換行列取得部1515は、合成行列Rから、逆変換行列R⁻¹を取得する。

[0428] (ステップS307) :

ステップS307において、変換部1516は、合成行列Rと、点PaのデータData (Pb) とを用いて、以下の数式に相当する処理を実行することで、点Pb' についてのデータ (座標データ) を取得する。

[数18]

$$\begin{pmatrix} b_x' \\ b_y' \\ b_z' \end{pmatrix} = R \begin{pmatrix} b_x \\ b_y \\ b_z \end{pmatrix} \dots\dots\dots(18)$$

(ステップS308) :

ステップS308において、角度取得部1518は、第1インターフェース6から出力される信号Sig1を入力し、信号Sig1に基づいて、角度θを取得する。角度取得部1518は、例えば、信号Sig1が入力された場合、信号Sig1の信号値に基づいて、角度θが、信号Sigが入力される前に設定されていた角度から、所定の角度だけ変化するように角度θを変化させる。

[0429] 係数取得部1517は、データData (Pb') と、角度θと、に基づいて、係数A' を、以下の数式に相当する処理により取得する。

[数19]

$$A' = b_y'^2 + b_x'^2 \sin^2 \theta \dots\dots\dots(19)$$

(ステップS309) :

ステップS309において、視点候補点算出部1519は、データData (Pc) と、角度θと、係数A' と、データData (Pb') と、逆変

換行列 R^{-1} とに基づいて、以下の数式に相当する処理を実行することで、視点候補点の座標データ $Vp_cand (= (x, y, z))$ を取得する。

(1) $b_y' > 0$ のとき ($-\pi/2 < \theta < 0$)

[数20]

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \frac{R^{-1}}{\sqrt{A'}} \begin{pmatrix} b_x' \sin^2 \theta \\ b_y' \\ -b_x' \sin \theta \cos \theta \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} c_x \\ c_y \\ c_z \end{pmatrix} \quad \dots\dots\dots (20)$$

(2) $b_y' \leq 0$ のとき ($0 < \theta < \pi/2$)

[数21]

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \frac{R^{-1}}{\sqrt{A'}} \begin{pmatrix} -b_x' \sin^2 \theta \\ -b_y' \\ b_x' \sin \theta \cos \theta \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} c_x \\ c_y \\ c_z \end{pmatrix} \quad \dots\dots\dots (21)$$

(ステップS310) :

ステップS310において、投影画像取得部152は、3次元形状データ $3D_data$ と、投影部3の投影点についての情報 P_prj とに基づいて、入力される第3テスト画像 $Img1_T3$ を、座標データ $Vp_cand (= (x, y, z))$ により特定される視点候補点から見たときに、幾何的な歪みが発生しない画像に変換する。

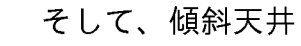
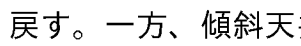
[0430] (ステップS311) :

ステップS311において、投影部3は、ステップS310で取得された画像 (画像 $Dout$ (画像 $D41$)) を傾斜天井 CL に投影する。


[0431] (ステップS312) :


ステップS312において、ユーザーは、傾斜天井 CL に投影されている第3テスト画像 $Img1_T3$ の歪度合いがない (十分小さい) か否かを判

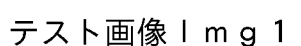
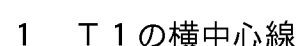
断する。

[0432] そして、傾斜天井CLに投影されている第3テスト画像の歪度合いが十分小さくないと判断された場合、処理を、ステップS301に戻す。一方、傾斜天井CLに投影されている第3テスト画像の歪度合いが十分小さいと判断された場合、処理を、終了させる（視点特定処理を完了させる）。

[0433] 以上のように、投影システム2000で実行される投影方法では、表示したときの上部が分かるテスト画像を傾斜天井平面CLに投影し、ユーザーがコントローラ200により、以下の(1)～(3)の処理をプロジェクター装置2100に実行させることで、傾斜天井平面CLに投影されている画像の幾何的な歪みをなくす（低減させる）ことができる。

(1) 傾斜天井平面CL内で投影画像を、ユーザーから見たときに、第1テスト画像の縦中心線L1vが垂直に見えるように回転させる処理（第1回転処理）。

(2) 傾斜天井平面CL内で投影画像を、ユーザーから見たときに、第2テスト画像の横中心線L1hが水平に見えるように回転させる処理（第2回転処理）。

(3) 第1回転処理の完了後において、傾斜天井CLに投影されている第1テスト画像の縦中心線L1vを含む第1直線と、第2回転処理の完了後において、傾斜天井CLに投影されている第2テスト画像の横中心線L1hを含む第2直線と、に基づいて、視点候補点を特定し、特定した視点候補点から見たときに、幾何的な歪のない画像を生成し、当該画像を投影する処理（視点特定処理）。

[0434] したがって、投影システム2000で実行される投影方法では、撮影機能を有する機器を用いることなく、傾斜投影面（例えば、傾斜天井）に投影された画像の幾何的な歪みを、容易かつ適切に、なくす（低減させる）ことができる。

[0435] ≪視点特定処理の原理≫

なお、ここで、上記視点特定処理の原理について、説明する。

[0436] 3次元空間（ $x y z$ 座標空間）内の異なる3点を、

$$A_0 = (a_x 0, a_y 0, a_z 0)$$

$$B_0 = (b_x 0, b_y 0, b_z 0)$$

$$C_0 = (c_x 0, c_y 0, c_z 0)$$

とし、ベクトル $Vec(C_0, A_0)$ （点 C_0 から点 A_0 へのベクトル）と、ベクトル $Vec(C_0, B_0)$ （点 C_0 から点 B_0 へのベクトル）とが直交して見える点を P_x とする。

[0437] そして、点 P_x を特定することが解くべき問題（命題）である。

[0438] この問題を解くために、以下の2つの処理を行えば良い。

(1) ある点 P_0 （例えば、 z 軸上のある点 $(0, 0, 1)$ ）から見て、ベクトル $Vec(C_0, A_0)$ と、ベクトル $Vec(C_0, B_0)$ とが直交して見えるようになる幾何変換を求める。なお、ここでは、説明便宜のために、点 P_0 を $(0, 0, 1)$ とし、以下説明する。

$$P_0 = Gmt r C n v (P_x)$$

$$P_x = (x, y, z)$$

$$P_0 = (0, 0, 1)$$

$Gmt r C n v$: 幾何変換

(2) 点 P_0 に、(1) で求めた幾何変換の逆変換を施した点からは、ベクトル $Vec(C_0, A_0)$ と、ベクトル $Vec(C_0, B_0)$ とが直交して見えるはずである。したがって、

$$P_x = Gmt r C n v^{-1} (P_0)$$

$Gmt r C n v^{-1}$: 幾何変換 $Gmt r C n v$ の逆変換

に相当する処理を行うことで、ベクトル $Vec(C_0, A_0)$ （点 C_0 から点 A_0 へのベクトル）と、ベクトル $Vec(C_0, B_0)$ （点 C_0 から点 B_0 へのベクトル）とが直交して見える点 P_x を求めることができる。なお、以下では、 m_0 点から m_1 点へのベクトルを $Vec(m_0, m_1)$ と表記する。

[0439] 図33は、視点特定処理の原理を説明するための図である。

[0440] 点A0、点B0、点C0は、異なる3点であれば、任意の点でよいが、説明便宜のために、点C0が原点(= (0, 0, 0))である場合について、以下説明する。つまり、図33(b)に示した場合を例に、以下説明する。つまり、

$$A0 = (a_x, a_y, a_z)$$

$$B0 = (b_x, b_y, b_z)$$

$$C0 = (0, 0, 0)$$

である場合について、説明する。

[0441] ベクトルVec(C0, A0)がy軸に重なり、かつ、ベクトルVec(C0, B0)がxy平面上となるように、回転処理を実行する。なお、この回転処理は、x軸を中心とする回転処理、y軸を中心とする回転処理、z軸を中心とする回転処理により実現される。

[0442] そして、回転処理後の各点を、点A0'、点B0'、点C0' とすると、点A0'、点B0'、点C0'の座標は、以下のように表すことができる。

$$A0' = (a_x', a_y', a_z') = (0, a_y', 0)$$

$$B0' = (b_x', b_y', b_z') = (b_x', b_y', 0)$$

上記回転処理を行う行列は、以下のように表すことができる。

$$R = R_x \cdot R_y \cdot R_z$$

なお、Rxは、x軸を中心とする回転処理を表す行列であり、Ryは、y軸を中心とする回転処理を表す行列であり、Rzは、z軸を中心とする回転処理を表す行列である。

[0443] 図34は、上記処理を実行した後の点A0'、点B0'、点C0' (=点C0)を示す図である。

[0444] 次に、ベクトルVec(C0', A0')がyz平面上となり、かつ、ベクトルVec(C0', B0')がxz平面上となるように、y軸を中心とする回転処理、z軸を中心とする回転処理を順に実行する。

[0445] 上記回転処理後の各点を点A0''、点B0''、点C0'' とすると、

点A O' '、点B O' '、点C O' 'の座標は、以下のようになる。

$$A O' ' = (a x' ' , a y' ' , a z' ') = (0 , a y' ' , a z' ')$$

$$B O' ' = (b x' ' , b y' ' , b z' ') = (b x' ' , 0 , b z' ')$$

図35は、上記処理を実行した後の点A O' '、点B O' '、点C O' '(=点C O)を示す図である。

[0446] そして、上記回転処理を実行させる回転行列R'は、以下の通りである。

[数22]

$$R' = R x'(\rho) R y'(\theta)$$

$$= \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \rho & -\sin \rho \\ 0 & \sin \rho & \cos \rho \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \theta & 0 & \sin \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \theta & 0 & \cos \theta \end{pmatrix}$$

.....(22)

なお、ρはx軸を中心とする回転処理の回転角度であり、θはy軸を中心とする回転処理の回転角度である。

[0447] そして、回転処理前後の座標関係から、回転行列R'は、以下のように求められる。

[数23]

$$R' = \frac{1}{k2} \begin{pmatrix} \cos \theta & 0 & \sin \theta \\ \pm b_y' \sin \theta & \mp b_x' \sin \theta & \mp b_y' \cos \theta \\ \pm b_x' \sin^2 \theta & \pm b_y' & \mp b_x' \sin \theta \cos \theta \end{pmatrix}$$

$$k2 = \sqrt{b_y'^2 + b_x'^2 \sin^2 \theta}$$

.....(23)

ある点 P O（上記では、P O = (0, 0, 1)）に対して、上記幾何変換の逆変換を施した点（この点を点 V p (= (x, y, z)）とする）から、ベクトル V e c (C O, A O) と、ベクトル V e c (C O, B O) とが直交して見えるはずである。

[0448] つまり、以下の数式が成立する。

[数24]

$$\begin{aligned}
 Vp &= \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = R^{-1} R'^T V' + \begin{pmatrix} c_x \\ c_y \\ c_z \end{pmatrix} = R^{-1} R'^T \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} c_x \\ c_y \\ c_z \end{pmatrix} \\
 &= \frac{R^{-1}}{\sqrt{b_y'^2 + b_x'^2 \sin^2 \theta}} \begin{pmatrix} \pm b_x' \sin^2 \theta \\ \pm b_y' \\ \mp b_x' \sin \theta \cos \theta \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} c_x \\ c_y \\ c_z \end{pmatrix} \\
 &\dots\dots\dots(24)
 \end{aligned}$$

$$V' = (0, 0, 1)$$

図 2 8（状態 4 A）における点 P c から点 P a までのベクトルを、上記のベクトル V e c (C O, A O) とし、図 2 8（状態 4 A）における点 P c から点 P b までのベクトルを、上記のベクトル V e c (C O, B O) とすることで、上記と同様にして、図 2 8（状態 4 A）の点 P c、点 P a を通る直線（第 1 直線）と、点 P c、点 P b を通る直線（第 2 直線）とが直交して見える点（視点候補点 V p）を算出することができる。

[0449] 以上の原理に基づいて、視点特定処理は実行される。

[0450] [他の実施形態]

上記実施形態（変形例を含む）において、第 1 インターフェース、第 2 インターフェース、および／または、第 3 インターフェースは、無線通信のインターフェースであってもよいし、有線通信のインターフェースであってもよい。

- [0451] また、上記実施形態では、コントローラ200が2つのボタンである第1ボタンと第2ボタンを有しており、ユーザーが第1ボタン、または、第2ボタンを操作することで、回転処理、あるいは、台形補正処理が実行される場合について、説明したが、これに限定されることはない。例えば、コントローラ200は、回転処理用のボタンを2つ有しており、かつ、台形補正処理用のボタンを2つ、別途、有していてもよい。また、コントローラ200は、ボタン以外のインターフェースを有していてもよい。例えば、コントローラ200がジョイスティックを有しており、ユーザーが当該ジョイスティックを操作することで、プロジェクター装置100に、回転処理、あるいは、台形補正処理を実行させるようにしてもよい。あるいは、コントローラ200が、タッチパネル機能付き表示パネルを有しており、表示パネル上にアイコンを表示させ、当該アイコンに、回転処理、あるいは、台形補正処理の実行機能を割り当て、当該アイコンをユーザーが操作することにより回転処理、あるいは、台形補正処理が実行されるようにしてもよい。
- [0452] また、上記実施形態において、投影システムで用いたテスト画像は、図4に示した画像に限定されることはなく、投影システム1000において回転処理実行時に投影されるとき、あるいは、台形補正処理実行時に投影されるときに、ユーザーが投影画像の回転状態、台形補正状態を直感的に確認できるものであれば、テスト画像として、どのような画像を用いてもよい。
- [0453] また、投影システムで用いるテスト画像は、矩形状のものに限定されることはなく、例えば、円形状や楕円状等の他の形状（他の外形）を有する画像であってもよい。
- [0454] また、上記実施形態において、投影システムの投影面は、床に水平な平面の天井であるとして、説明したが、これに限定されることはなく、例えば、投影面は、ユーザーの視点からみたときに、水平な直線となる軸を回転軸として、床に水平な平面を回転させた平面としてもよい。
- [0455] つまり、ユーザーから見て、左右のどちらにも傾いておらず、かつ、前方向に傾斜している平面（前方傾斜平面）を投影面としてもよい。また、ユー

ザーから見て、左右のどちらにも傾いておらず、かつ、後ろ方向に傾斜している平面（後方傾斜平面）を投影面としてもよい。

[0456] すなわち、本発明の投影システムにおいて、ユーザーの左眼視点と右眼視点とを結ぶ直線と平行な平面を投影面としてもよい。

[0457] このような投影面を用いる場合にも、本発明を適用することができる。

[0458] また、上記実施形態（変形例を含む）では、コントローラ200が2つのボタンである第1ボタンと第2ボタンを有しており、ユーザーが第1ボタン、または、第2ボタンを操作することで、第1回転処理、第2回転処理、台形補正処理が実行される場合について、説明したが、これに限定されることはない。例えば、コントローラ200は、第1回転処理用のボタンを2つ有しており、かつ、第2回転処理用のボタンを2つ有しており、かつ、視点特定処理用のボタンを2つ、別途、有していてもよい。また、コントローラ200は、ボタン以外のインターフェースを有していてもよい。例えば、コントローラ200がジョイスティックを有しており、ユーザーが当該ジョイスティックを操作することで、プロジェクター装置2100に、第1回転処理、第2回転処理、視点特定処理を実行させるようにしてもよい。あるいは、コントローラ200が、タッチパネル機能付き表示パネルを有しており、表示パネル上にアイコンを表示させ、当該アイコンに、第1回転処理、第2回転処理、視点特定処理の実行機能を割り当て、当該アイコンをユーザーが操作することにより第1回転処理、第2回転処理、台形補正処理が実行されるようにしてもよい。

[0459] また、上記実施形態において、投影システムの投影面は、図21等に示した傾斜の平面の天井であるとして、説明したが、これに限定されることはなく、投影面は、床に対して（あるいは、ユーザーの視点に対して）、任意の方向、角度の傾斜であってもよい。この場合であっても、上記と同様の処理を行うことで、傾斜平面を投影面として、ユーザーの視点から見たときに、幾何的な歪みのない画像（幾何的な歪みの低減された画像）を投影することができる。

- [0460] また、「水平」、「垂直」、「縦」、「横」、「平面」等の文言は、厳密な意味での、「水平」、「垂直」、「縦」、「横」等の場合のみを含むのではなく、「略水平」、「略垂直」、「略縦」、「略横」、「略平面」等を含む概念の文言である。また、「水平」、「垂直」、「縦」、「横」、「平面」等の文言は、設計誤差や測定誤差を許容する概念を含む文言である。
- [0461] 上記実施形態で説明した投影システム、プロジェクター装置、コントローラにおいて、各ブロックは、LSIなどの半導体装置により個別に1チップ化されても良いし、一部又は全部を含むように1チップ化されても良い。
- [0462] なお、ここでは、LSIとしたが、集積度の違いにより、IC、システムLSI、スーパーLSI、ウルトラLSIと呼称されることもある。
- [0463] また、集積回路化の手法はLSIに限るものではなく、専用回路又は汎用プロセサで実現してもよい。LSI製造後に、プログラムすることが可能なFPGA (Field Programmable Gate Array) や、LSI内部の回路セルの接続や設定を再構成可能なりコンフィギュラブル・プロセッサを利用してよい。
- [0464] また、上記各実施形態の各機能ブロック (各機能部) の処理の一部または全部は、プログラムにより実現されるものであってもよい。そして、上記各実施形態の各機能ブロックの処理の一部または全部は、コンピュータにおいて、中央演算装置 (CPU) により行われる。また、それぞれの処理を行うためのプログラムは、ハードディスク、ROMなどの記憶装置に格納されており、ROMにおいて、あるいはRAMに読み出されて実行される。
- [0465] 例えば、図36に示すような構成により、上記各実施形態の各機能ブロック (各機能部) の処理の一部または全部が実行されるものであってもよい。
- [0466] また、上記実施形態の各処理をハードウェアにより実現してもよいし、ソフトウェア (OS (オペレーティングシステム)、ミドルウェア、あるいは、所定のライブラリとともに実現される場合を含む。) により実現してもよい。さらに、ソフトウェアおよびハードウェアの混在処理により実現してもよい。

- [0467] また、上記実施形態における処理方法の実行順序は、必ずしも、上記実施形態の記載に制限されるものではなく、発明の要旨を逸脱しない範囲で、実行順序を入れ替えることができるものである。
- [0468] また、上記実施形態における調整処理（画像の幾何的な歪みを低減させるための調整処理）において、補正処理、回転処理、台形補正処理の処理内容が決まれば、実際の投影時には、必ずしも、補正処理、回転処理、台形補正処理を分けて実行する必要はなく、全ての変換を一括で実施する画像処理を実行するようにしてもよい。
- [0469] また、上記実施形態における調整処理（画像の幾何的な歪みを低減させるための調整処理）において、補正処理、第1回転処理、第2回転処理、および、視点特定処理の処理内容が決まれば、実際の投影時には、必ずしも、補正処理、第1回転処理、第2回転処理、および、視点特定処理を分けて実行する必要はなく、全ての変換を一括で実施する画像処理を実行するようにしてもよい。
- [0470] 前述した方法をコンピュータに実行させるコンピュータプログラム及びそのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体は、本発明の範囲に含まれる。ここで、コンピュータ読み取り可能な記録媒体としては、例えば、フレキシブルディスク、ハードディスク、CD-ROM、MO、DVD、DVD-ROM、DVD-RAM、大容量DVD、次世代DVD、半導体メモリを挙げることができる。
- [0471] 上記コンピュータプログラムは、上記記録媒体に記録されたものに限られず、電気通信回線、無線又は有線通信回線、インターネットを代表とするネットワーク等を経由して伝送されるものであってもよい。
- [0472] また、文言「部」は、「サーキトリ（circuitry）」を含む概念であってよい。サーキトリは、ハードウェア、ソフトウェア、あるいは、ハードウェアおよびソフトウェアの混在により、その全部または一部が、実現されるものであってもよい。
- [0473] なお、本発明の具体的な構成は、前述の実施形態に限られるものではなく

、発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の変更および修正が可能である。

符号の説明

- [0474] 1000、2000 投影システム
100、100A、2100 プロジェクター装置
1、1A、201 投影画像調整部
2 テスト画像記憶部
3 投影部
4 3次元形状測定部
5 3次元形状データ記憶部
6 第1インターフェース
200 コントローラ

請求の範囲

[請求項1]

左眼視点と右眼視点とを結ぶ直線と平行な平面を投影面とし、ユーザーの視点から見たときに幾何学的な画像歪みが低減された状態となるように画像を投影する投影システムであって、

前記投影面に画像を投影する投影部であって、テスト画像を投影する前記投影部と、

前記投影面の3次元形状を測定する3次元形状測定部と、

ユーザーの操作に基づく制御信号を生成するコントローラと、

(1) 前記3次元形状測定部により計測された3次元形状データに基づいて、前記投影部の投影軸と前記投影面との交点である投影中心点を通り、前記投影面の法線上の点である第1点から見たときに、幾何学的な画像歪みが低減された状態とするように、前記テスト画像に対して画像変換処理である補正処理を実行し、

(2) 前記制御信号に従い回転角度を決定し、前記第1点から前記投影面を見たときに、前記補正処理後の前記テスト画像の前記投影部による前記投影面への投影画像が前記投影中心点を中心として、前記回転角度だけ回転した画像となるように、前記補正処理後の前記テスト画像に対して画像変換処理である回転処理を実行する投影画像調整部と、

を備える投影システム。

[請求項2]

前記テスト画像は、表示画面に表示されている状態において、画像上の縦方向に延びる縦基準線を含む画像であり、

前記投影画像調整部は、

前記制御信号に従い歪み低減量を決定し、前記投影面に投影された前記投影画像の前記縦基準線を含む平面であって、前記投影面と垂直な平面内に含まれる点から前記投影面を見たときに、前記歪み低減量に相当する分だけ、前記縦基準線上の1つの点である第1直交点を通り、前記縦基準線と直交する方向の前記投影画像の長さである第1距

離と、前記縦基準線上の前記第1直交点以外の点である第2直交点を
通り、前記縦基準線と直交する方向の前記投影画像の長さである第2
距離との差が小さくなるように、前記回転処理後の前記テスト画像に
対して画像変換処理である台形補正処理を実行する、

請求項1に記載の投影システム。

[請求項3]

前記投影画像調整部は、

前記回転処理および前記台形補正処理の少なくとも一方の処理が実
行された前記テスト画像を前記投影面に投影したときの画像の投影状
態を調整するための微調整部を備える、

請求項2に記載の投影システム。

[請求項4]

前記テスト画像は、

表示画面に表示されている状態において、画像上の上部を判別する
ことができるパターンを含む画像である、

請求項2または3に記載の投影システム。

[請求項5]

前記テスト画像は、

複数の正方形の格子パターンからなる格子状パターンを含む画像で
ある、

請求項2から4のいずれかに記載の投影システム。

[請求項6]

前記テスト画像は、

第1の模様を有する第1格子パターンと、第2の模様を有する第2
格子パターンとが、幾何学的な歪みがない状態において、前記テスト
画像上の第1方向、および、前記テスト画像上において前記第1方向
と直交する第2方向において、交互に配置されることで形成される格
子状パターンを含む画像である、

請求項5に記載の投影システム。

[請求項7]

請求項1から6のいずれかに記載の投影システムに用いられるプロ
ジェクター装置であって、

前記投影部と、前記投影画像調整部とを備える、

プロジェクター装置。

[請求項8]

左眼視点と右眼視点とを結ぶ直線と平行な平面を投影面とし、ユーザーの視点から見たときに幾何学的な画像歪みが低減された状態となるように画像を投影する投影方法をコンピュータに実行させるためのプログラムであって、

前記投影面にテスト画像を投影する投影ステップと、

前記投影面の3次元形状を測定する3次元形状測定ステップと、

ユーザーの操作に基づく制御信号を生成するステップと、

(1) 前記3次元形状測定ステップにより計測された3次元形状データに基づいて、前記投影ステップにおける投影軸と前記投影面との交点である投影中心点を通り、前記投影面の法線上の点である第1点から見たときに、幾何学的な画像歪みが低減された状態とするように、前記テスト画像に対して画像変換処理である補正処理を実行し、

(2) 前記制御信号に従い回転角度を決定し、前記第1点から前記投影面を見たときに、前記補正処理後の前記テスト画像の前記投影ステップによる前記投影面への投影画像が前記投影中心点を中心として、前記回転角度だけ回転した画像となるように、前記補正処理後の前記テスト画像に対して画像変換処理である回転処理を実行する投影画像調整ステップと、

を備える投影方法をコンピュータに実行させるためのプログラム。

[請求項9]

前記テスト画像は、表示画面に表示されている状態において、画像上の縦方向に延びる縦基準線を含む画像であり、

前記投影画像調整ステップは、

前記制御信号に従い歪み低減量を決定し、前記投影面に投影された前記投影画像の前記縦基準線を含む平面であって、前記投影面と垂直な平面内に含まれる点から前記投影面を見たときに、前記歪み低減量に相当する分だけ、前記縦基準線と直交する方向に発生している幾何的な歪みが低減されるように、前記回転処理後の前記テスト画像に対

して画像変換処理である台形補正処理を実行する、

請求項 8 に記載の投影方法をコンピュータに実行させるためのプログラム。

[請求項10]

左眼視点と右眼視点とを含む平面に平行な平面であって、右眼角膜および左眼角膜の共通の接平面である前記平面に対して、傾斜した平面を投影面とし、ユーザーの視点から見たときに幾何学的な画像歪みが低減された状態となるように画像を投影する投影システムであって、

前記投影面に画像を投影する投影部であって、画像の垂直方向を規定する縦基準線を有する第 1 テスト画像を投影するとともに、画像の水平方向を規定する横基準線を有する第 2 テスト画像を投影する前記投影部と、

前記投影面の 3 次元形状を測定する 3 次元形状測定部と、

ユーザーの操作に基づく制御信号を生成するコントローラと、

(1 A) 前記 3 次元形状測定部により計測された 3 次元形状データに基づいて、前記投影部の投影軸と前記投影面との交点である投影中心点を通り、前記投影面の法線上の点である第 1 点から見たときに、幾何学的な画像歪みが低減された状態とするように、前記第 1 テスト画像に対して画像変換処理である補正処理を実行し、

(2 A) 前記制御信号に従い第 1 回転角度を決定し、前記第 1 点から前記投影面を見たときに、前記補正処理後の前記第 1 テスト画像の前記投影部による前記投影面への投影画像が前記投影中心点を中心として、前記第 1 回転角度だけ回転した画像となるように、前記補正処理後の前記第 1 テスト画像に対して画像変換処理である第 1 回転処理を実行し、

(1 B) 前記 3 次元形状測定部により計測された 3 次元形状データに基づいて、前記投影部の投影軸と前記投影面との交点である投影中心点を通り、前記投影面の法線上の点である第 1 点から見たときに、幾

何学的な画像歪みが低減された状態とするように、前記第2テスト画像に対して画像変換処理である補正処理を実行し、

(2B) 前記制御信号に従い第2回転角度を決定し、前記第1点から前記投影面を見たときに、前記補正処理後の前記第2テスト画像の前記投影部による前記投影面への投影画像が前記投影中心点を中心として、前記第2回転角度だけ回転した画像となるように、前記補正処理後の前記第2テスト画像に対して画像変換処理である第2回転処理を実行し、

(3) 前記第1回転処理後の前記第1テスト画像の前記投影面上の前記縦基準線を含む直線である第1直線と、前記第2回転処理後の前記第2テスト画像の前記投影面上の前記縦基準線を含む直線である第2直線とに基づいて、前記第1直線と前記第2直線とが直交して見える視点候補点を決定し、決定した視点候補点から見たときに幾何学的な画像歪みが低減された状態とするように、前記投影面に投影される画像を変換する視点特定処理を実行する、投影画像調整部と、を備える投影システム。

[請求項11]

前記投影画像調整部は、

前記投影部の光軸をz軸とし、前記投影部の光軸を法線とする平面をxy平面とするようにx軸およびy軸を設定したxyz座標空間において、

前記第1回転処理後の前記第1テスト画像の前記投影面上の前記縦基準線を含む直線である第1直線上の点を点Paとし、点Paの座標を (a_x, a_y, a_z) とし、

前記第2回転処理後の前記第2テスト画像の前記投影面上の前記横基準線を含む直線である第2直線上の点を点Pbとし、点Pbの座標を (b_x, b_y, b_z) とし、

前記第1直線と前記第2直線との交点を点Pcとして算出し、算出した点Pcの座標を (c_x, c_y, c_z) としたとき、

$$A = -a_x \times b_y + a_y \times b_x$$

$$B = -a_x \times b_z + a_z \times b_x$$

$$C = -a_z \times b_y + a_y \times b_z$$

に相当する処理を実行し、係数A、B、Cを取得し、

$$R_x = \frac{1}{\sqrt{A^2 + B^2}} \begin{pmatrix} \sqrt{A^2 + B^2} & 0 & 0 \\ 0 & A & B \\ 0 & -B & A \end{pmatrix} \dots\dots\dots (cl11-1)$$

$$R_y = \frac{1}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}} \begin{pmatrix} \sqrt{A^2 + B^2} & 0 & C \\ 0 & \sqrt{A^2 + B^2 + C^2} & 0 \\ -C & 0 & \sqrt{A^2 + B^2} \end{pmatrix} \dots\dots\dots (cl11-2)$$

$$R_z = \frac{1}{k1} \begin{pmatrix} a_y A + a_z B & -a_x \sqrt{A^2 + B^2 + C^2} & 0 \\ a_x \sqrt{A^2 + B^2 + C^2} & a_y A + a_z B & 0 \\ 0 & -B & k1 \end{pmatrix}$$

$$k1 = \sqrt{a_x^2 (A^2 + B^2 + C^2) + (a_y A + a_z B)^2} \dots\dots\dots (cl11-3)$$

により、回転行列R x、R y、R zを取得し、

回転行列R x、R y、R zの合成行列をR

$$R = R_z \cdot R_y \cdot R_x$$

に相当する処理を実行することで取得し、

前記回転行列の逆行列をR⁻¹として取得し、

点 P b の座標 (b x , b y , b z) に対して、前記合成行列により変換した点を点 P b' とし取得し、点 P b' の座標を (b x' , b y' , b z') とし取得し、

前記コントローラからの前記制御信号に基づいて、角度 θ を決定し、

係数 A' を

$$A' = b_y'^2 + b_x'^2 \sin^2 \theta \quad \dots\dots\dots (cl11-4)$$

により取得し、

前記視点候補点の座標 (x , y , z) を、

$$\begin{aligned} Vp &= \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = R^{-1} R'^T V' + \begin{pmatrix} c_x \\ c_y \\ c_z \end{pmatrix} = R^{-1} R'^T \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} c_x \\ c_y \\ c_z \end{pmatrix} \\ &= \frac{R^{-1}}{\sqrt{b_y'^2 + b_x'^2 \sin^2 \theta}} \begin{pmatrix} \pm b_x' \sin^2 \theta \\ \pm b_y' \\ \mp b_x' \sin \theta \cos \theta \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} c_x \\ c_y \\ c_z \end{pmatrix} \\ &\quad \dots\dots\dots (cl11-5) \end{aligned}$$

$$R' = \frac{1}{k2} \begin{pmatrix} \cos \theta & 0 & \sin \theta \\ \pm b_y' \sin \theta & \mp b_x' \sin \theta & \mp b_y' \cos \theta \\ \pm b_x' \sin^2 \theta & \pm b_y' & \mp b_x' \sin \theta \cos \theta \end{pmatrix}$$

$$k2 = \sqrt{b_y'^2 + b_x'^2 \sin^2 \theta} \quad \dots\dots\dots (cl11-6)$$

$$V' = (0, 0, 1)$$

により算出する、

請求項 10 に記載の投影システム。

- [請求項12] 前記第1テスト画像は、表示画面に表示されている状態において、前記第1テスト画像の中心点を通る前記縦基準線を含む、請求項10又は11に記載の投影システム。
- [請求項13] 前記第2テスト画像は、表示画面に表示されている状態において、前記第2テスト画像の中心点を通る前記横基準線を含む、請求項10又は11に記載の投影システム。
- [請求項14] 前記第1テスト画像は、表示画面に表示されている状態において、画像上の上部を判別することができるパターンを含む画像である、請求項10から13のいずれかに記載の投影システム。
- [請求項15] 前記投影部は、前記視点特定処理が実行される場合、複数の正方形の格子パターンからなる格子状パターンを含む第3テスト画像を投影する、請求項10から14のいずれかに記載の投影システム。
- [請求項16] 前記第3テスト画像は、第1の模様を有する第1格子パターンと、第2の模様を有する第2格子パターンとが、幾何学的な歪みがない状態において、前記テスト画像上の第1方向、および、前記テスト画像上において前記第1方向と直交する第2方向において、交互に配置されることで形成される格子状パターンを含む画像である、請求項15に記載の投影システム。
- [請求項17] 請求項10から16のいずれかに記載の投影システムに用いられるプロジェクター装置であって、前記投影部と、前記投影画像調整部とを備える、プロジェクター装置。
- [請求項18] ユーザーの操作に基づく制御信号を生成するコントローラを用いて実行される投影方法であって、左眼視点と右眼視点とを含む平面に平

行な平面であって、右眼角膜および左眼角膜の共通の接平面である前記平面に対して、傾斜した平面を投影面とし、ユーザーの視点から見たときに幾何学的な画像歪みが低減された状態となるように画像を投影する投影方法をコンピュータで実行するためのプログラムであって、

前記投影面に画像を投影する投影ステップであって、画像の垂直方向を規定する縦基準線を有する第1テスト画像を投影するとともに、画像の水平方向を規定する横基準線を有する第2テスト画像を投影する前記投影ステップと、

前記投影面の3次元形状を測定する3次元形状測定ステップと、
と、

(1 A) 前記3次元形状測定ステップにより計測された3次元形状データに基づいて、前記投影ステップで画像を投影するための投影軸と前記投影面との交点である投影中心点を通り、前記投影面の法線上の点である第1点から見たときに、幾何学的な画像歪みが低減された状態とするように、前記第1テスト画像に対して画像変換処理である補正処理を実行し、

(2 A) 前記制御信号に従い第1回転角度を決定し、前記第1点から前記投影面を見たときに、前記補正処理後の前記第1テスト画像の前記投影ステップによる前記投影面への投影画像が前記投影中心点を中心として、前記第1回転角度だけ回転した画像となるように、前記補正処理後の前記第1テスト画像に対して画像変換処理である第1回転処理を実行し、

(1 B) 前記3次元形状測定ステップにより計測された3次元形状データに基づいて、前記投影ステップで画像を投影するための投影軸と前記投影面との交点である投影中心点を通り、前記投影面の法線上の点である第1点から見たときに、幾何学的な画像歪みが低減された状態とするように、前記第2テスト画像に対して画像変換処理である補

正処理を実行し、

(2 B) 前記制御信号に従い第2回転角度を決定し、前記第1点から前記投影面を見たときに、前記補正処理後の前記第2テスト画像の前記投影ステップによる前記投影面への投影画像が前記投影中心点を中心として、前記第2回転角度だけ回転した画像となるように、前記補正処理後の前記第2テスト画像に対して画像変換処理である第2回転処理を実行し、

(3) 前記第1回転処理後の前記第1テスト画像の前記投影面上の前記縦基準線を含む直線である第1直線と、前記第2回転処理後の前記第2テスト画像の前記投影面上の前記縦基準線を含む直線である第2直線とに基づいて、前記第1直線と前記第2直線とが直交して見える視点候補点を決定し、決定した視点候補点から見たときに幾何学的な画像歪みが低減された状態とするように、前記投影面に投影される画像を変換する視点特定処理を実行する、投影画像調整ステップと、を備える投影方法をコンピュータで実行するためのプログラム。

[図1]

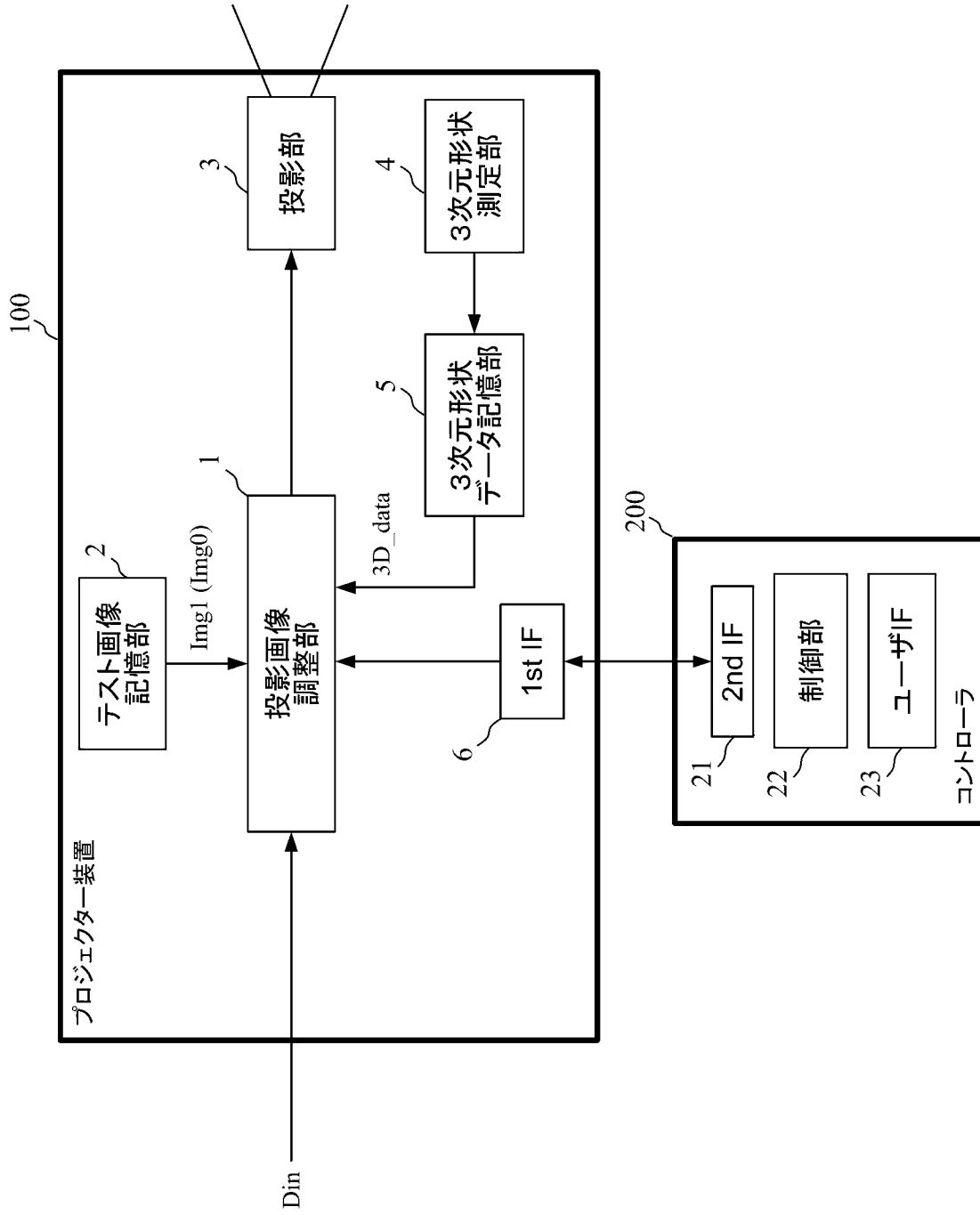


FIG. 1

[図2]

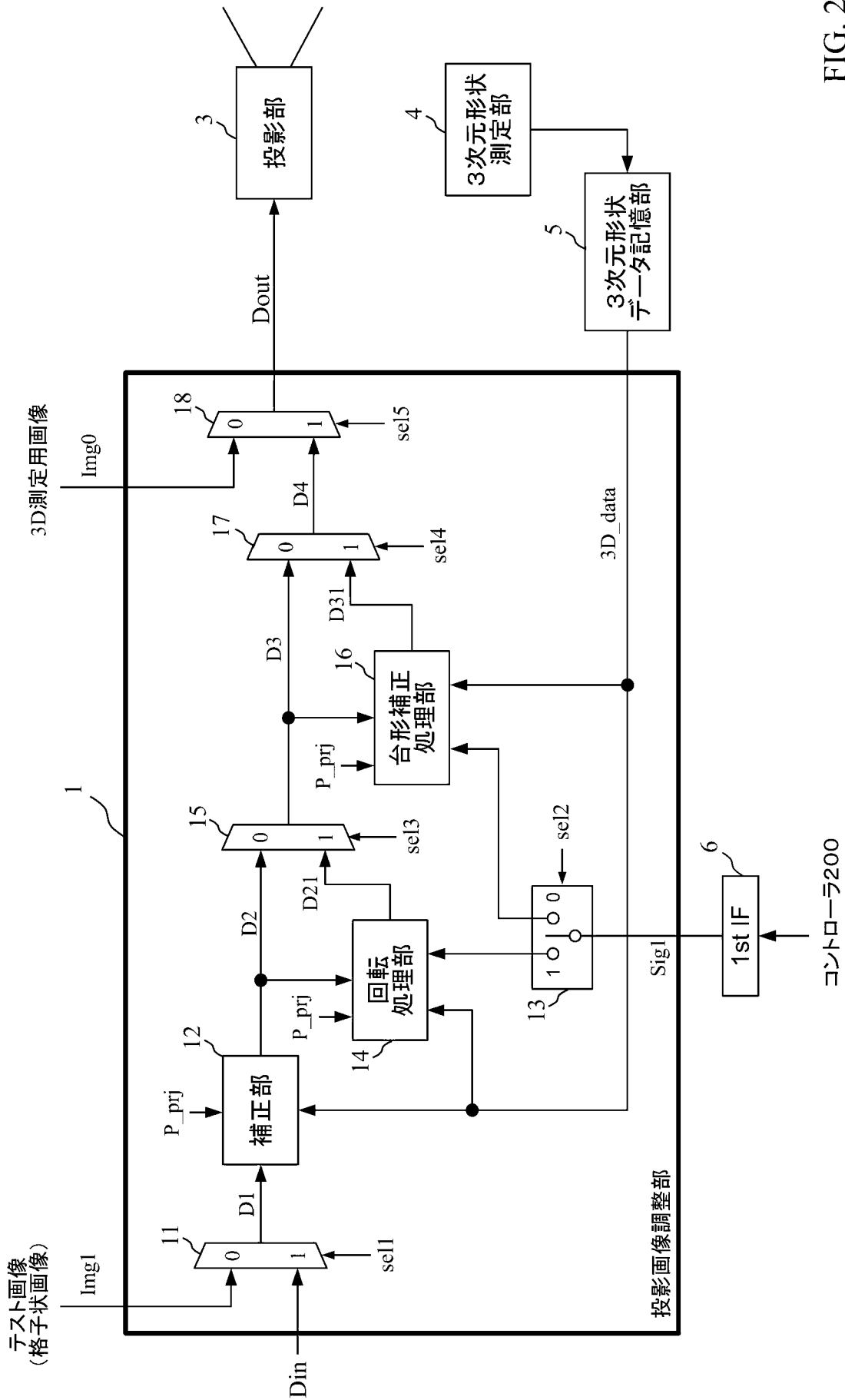


FIG. 2

[図4]

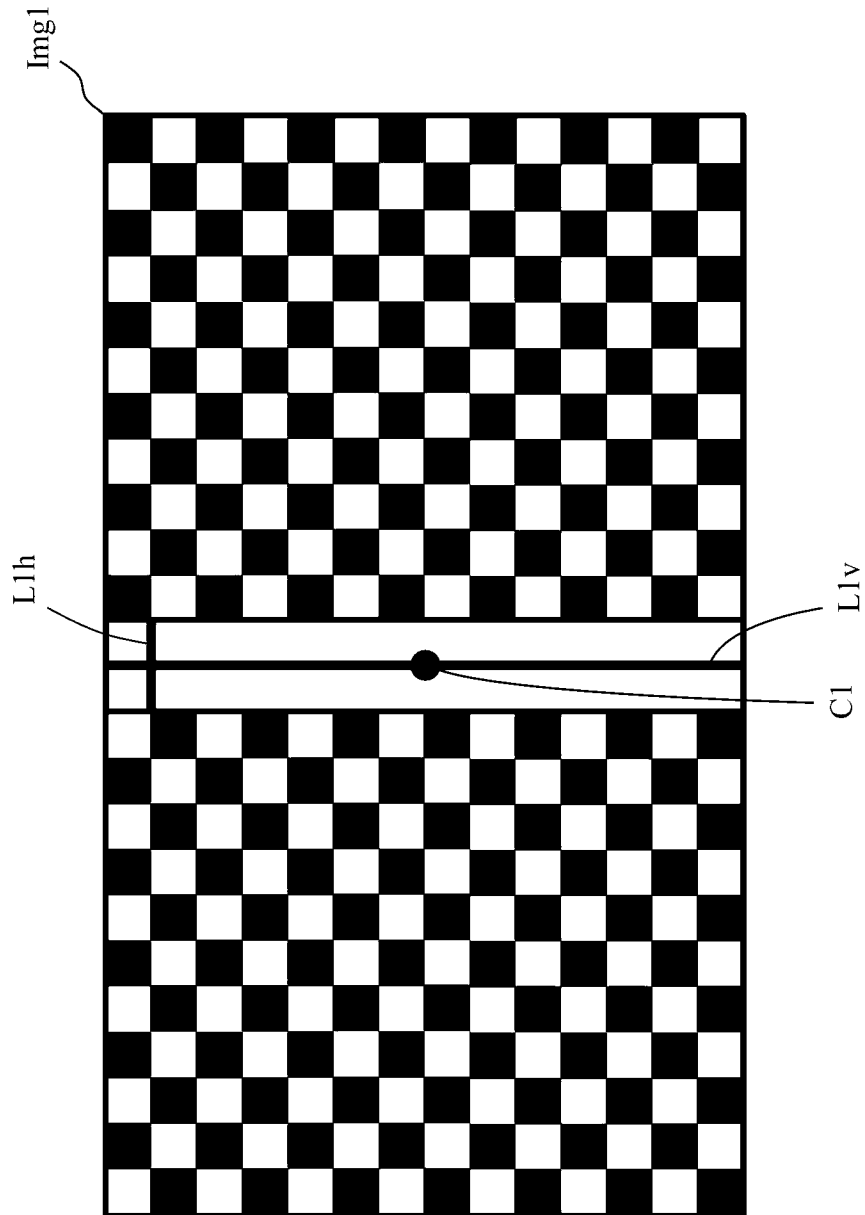


FIG. 4

[図5]

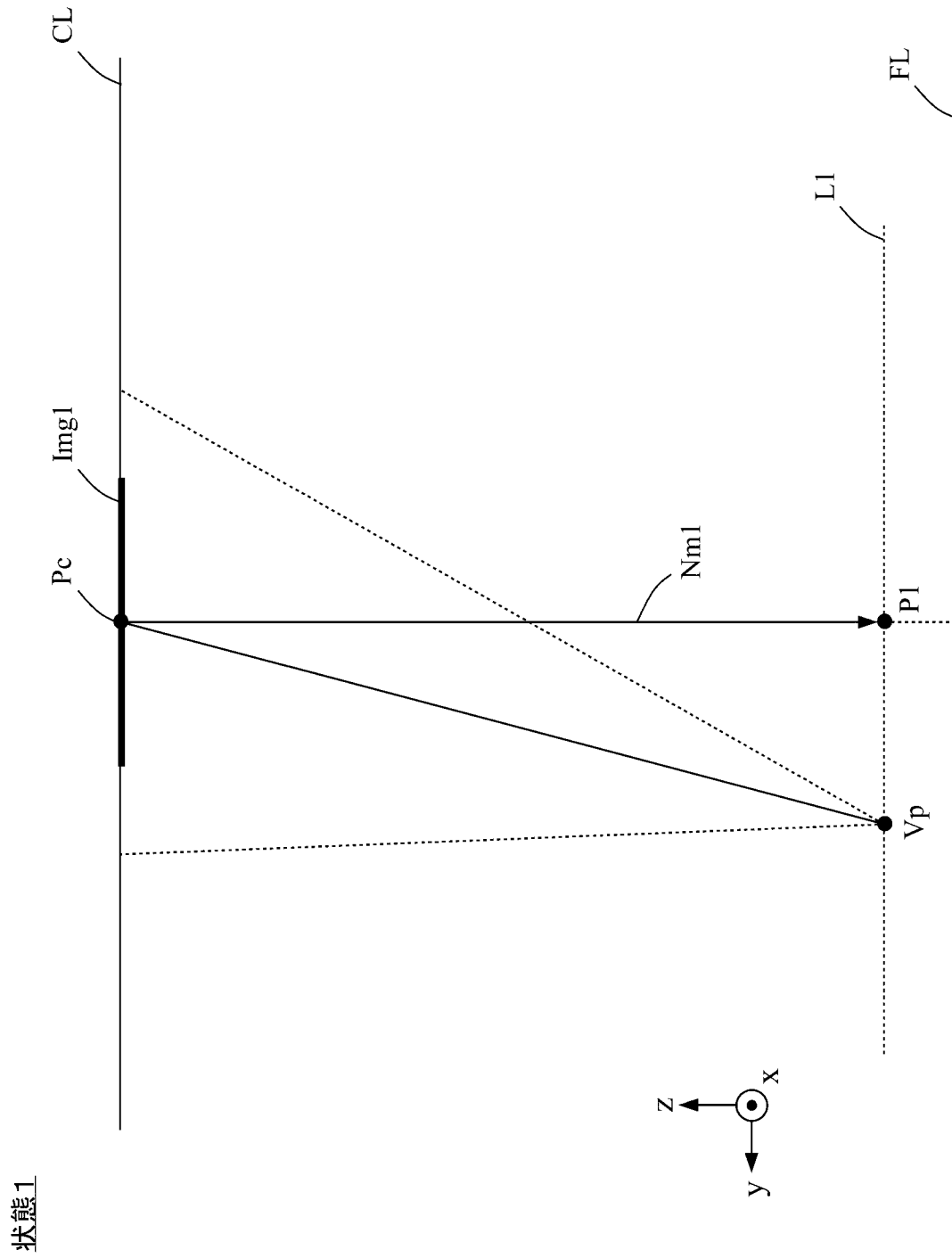


FIG. 5

[図6]

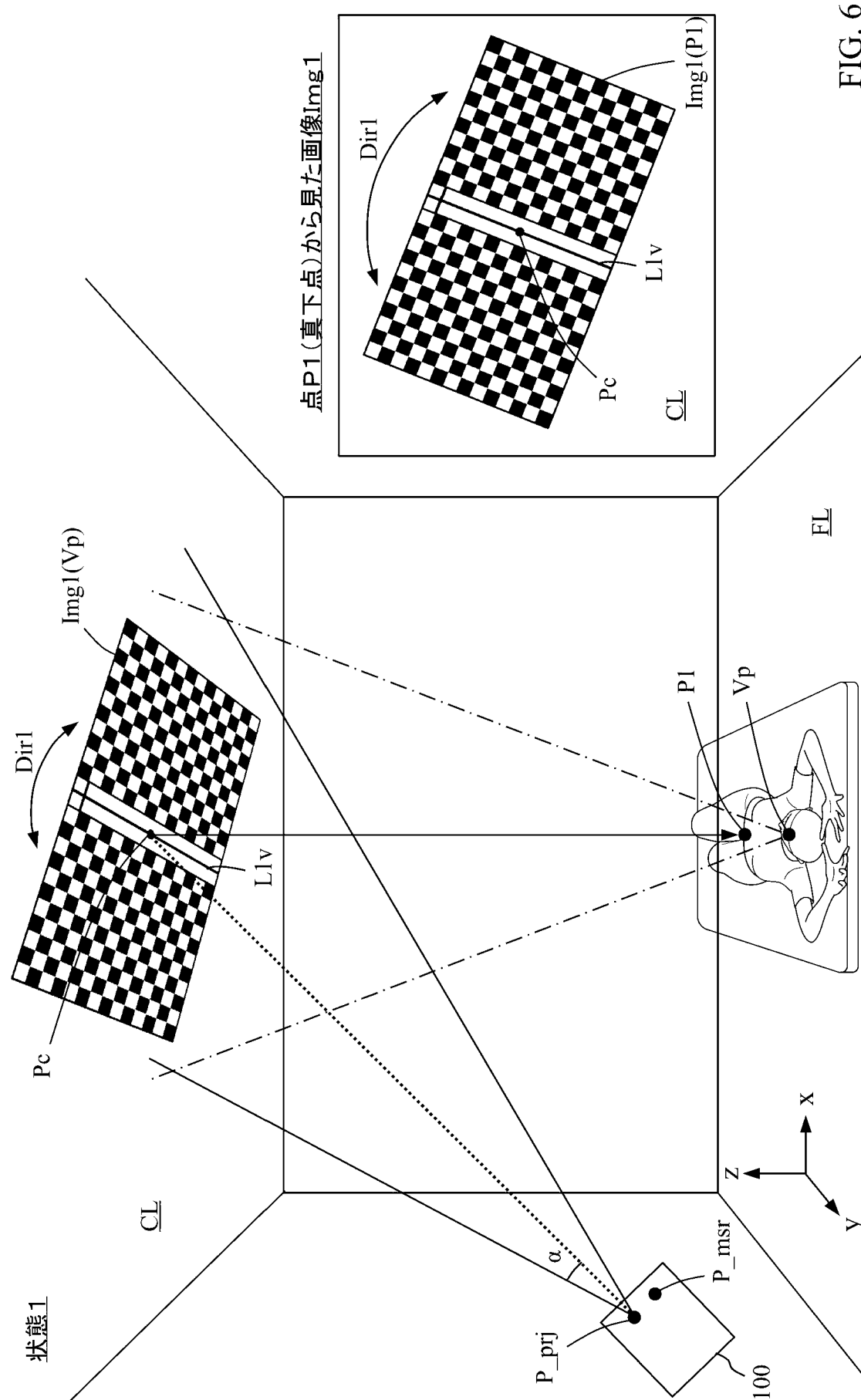


FIG. 6

[図7]

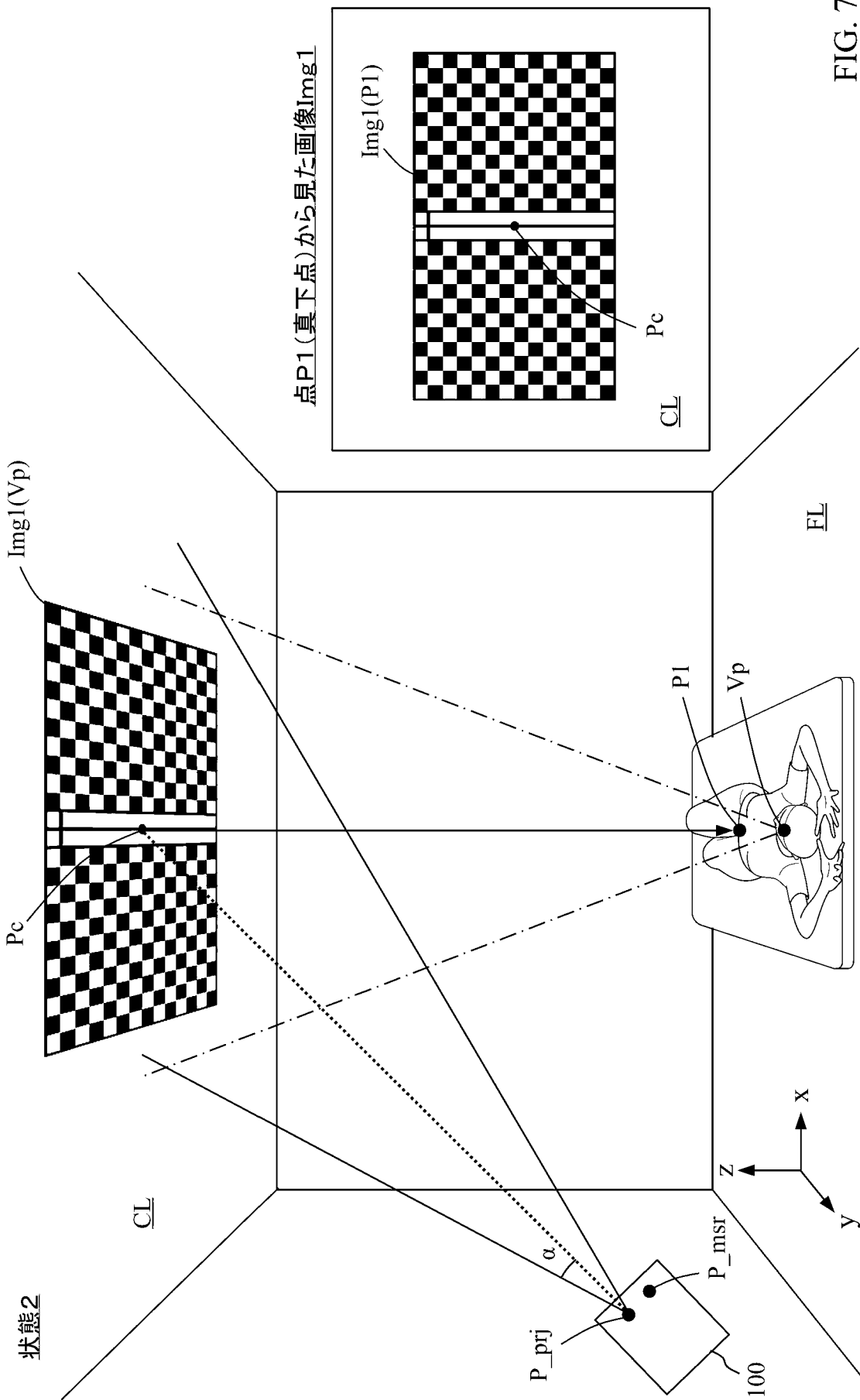


FIG. 7

[図8]

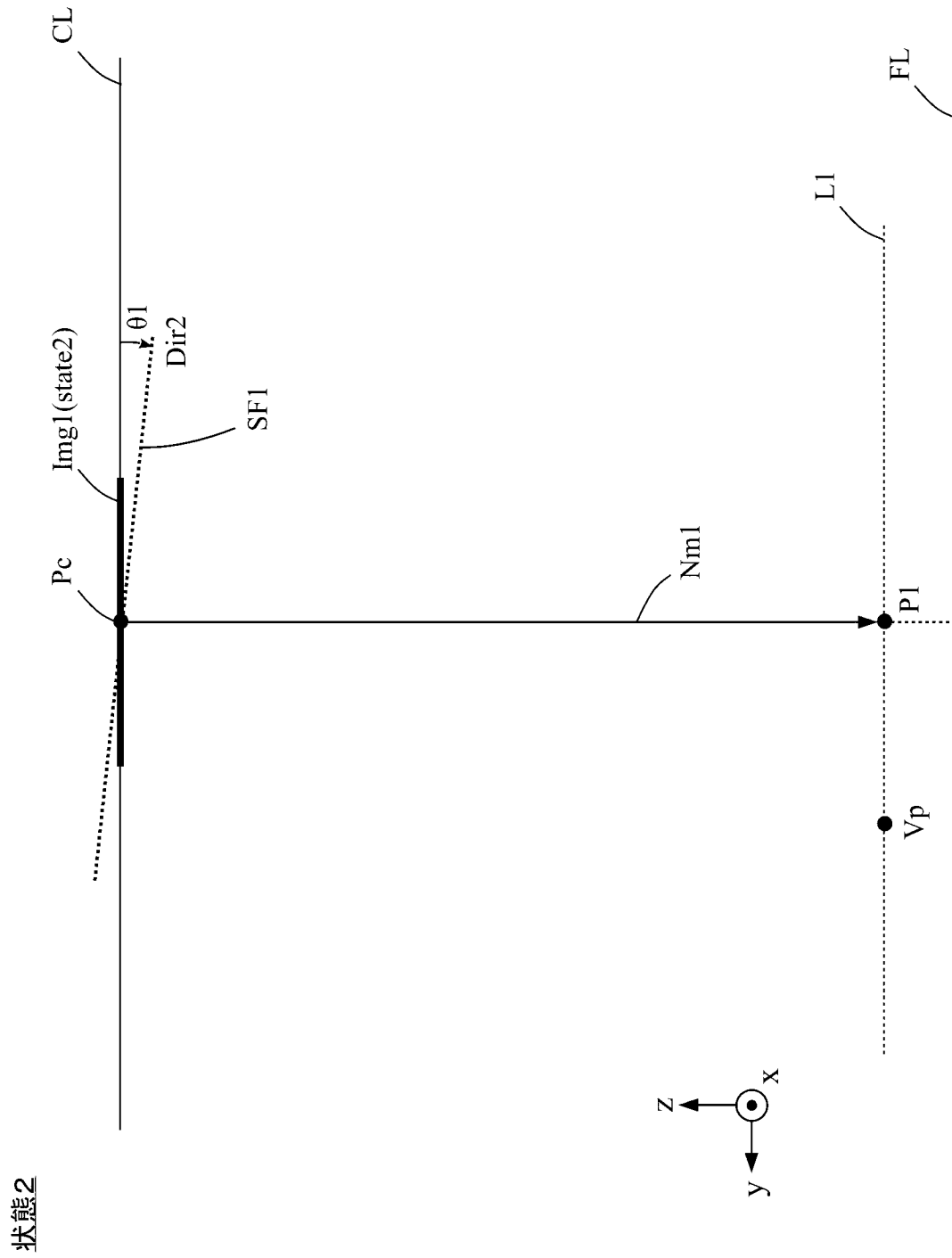


FIG. 8

[図10]

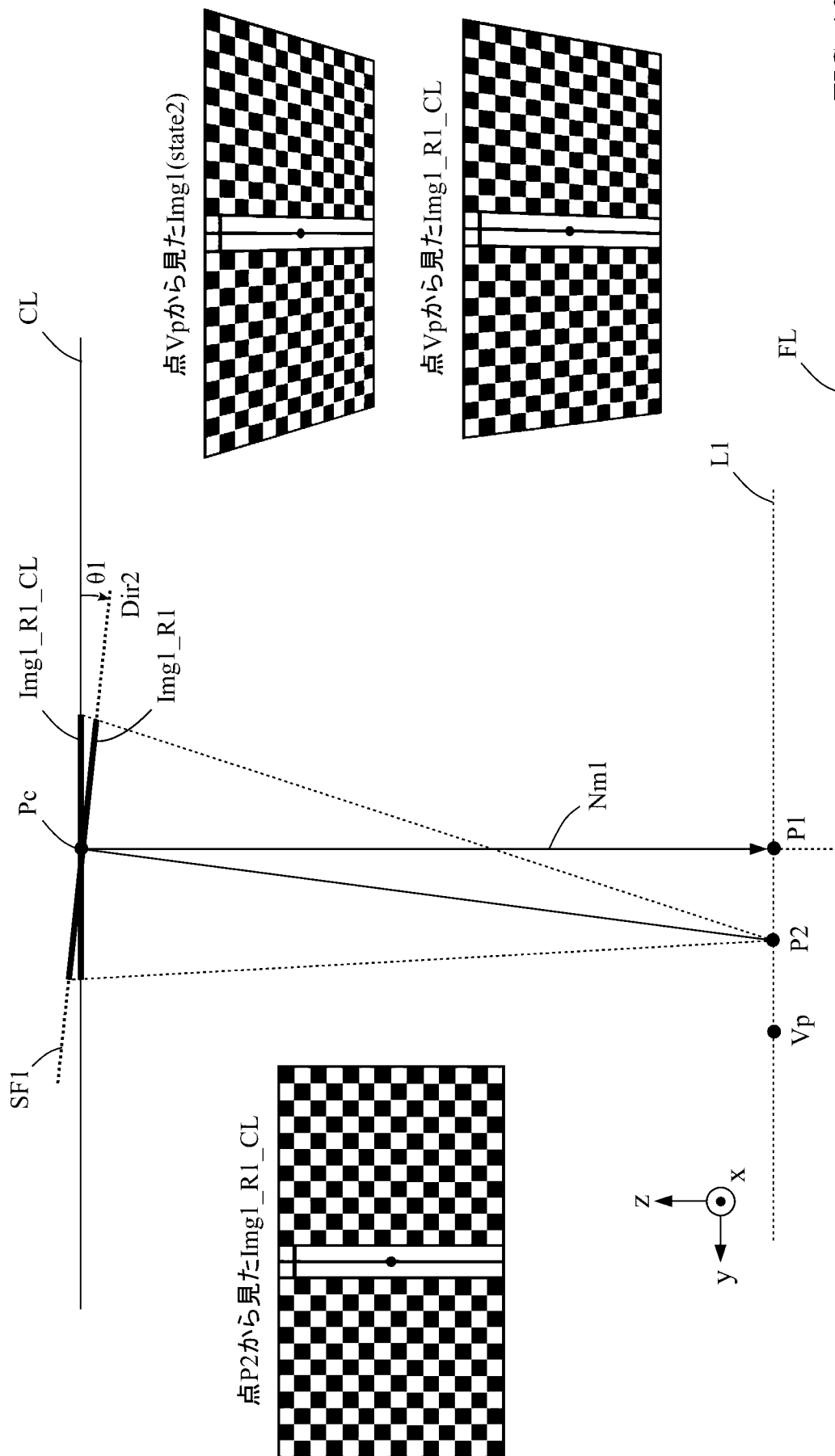


FIG. 10

[図11]

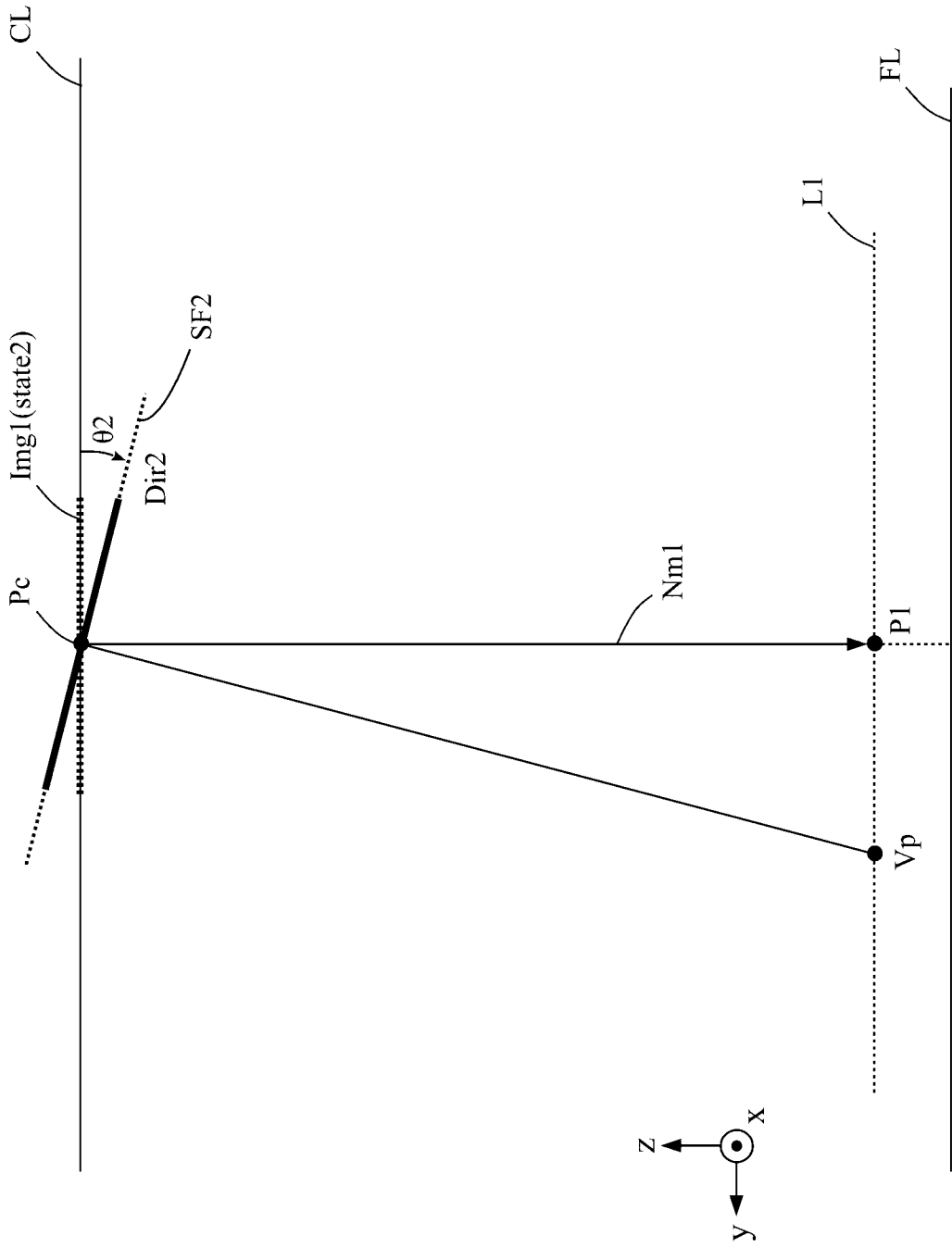


FIG. 11

[図12]

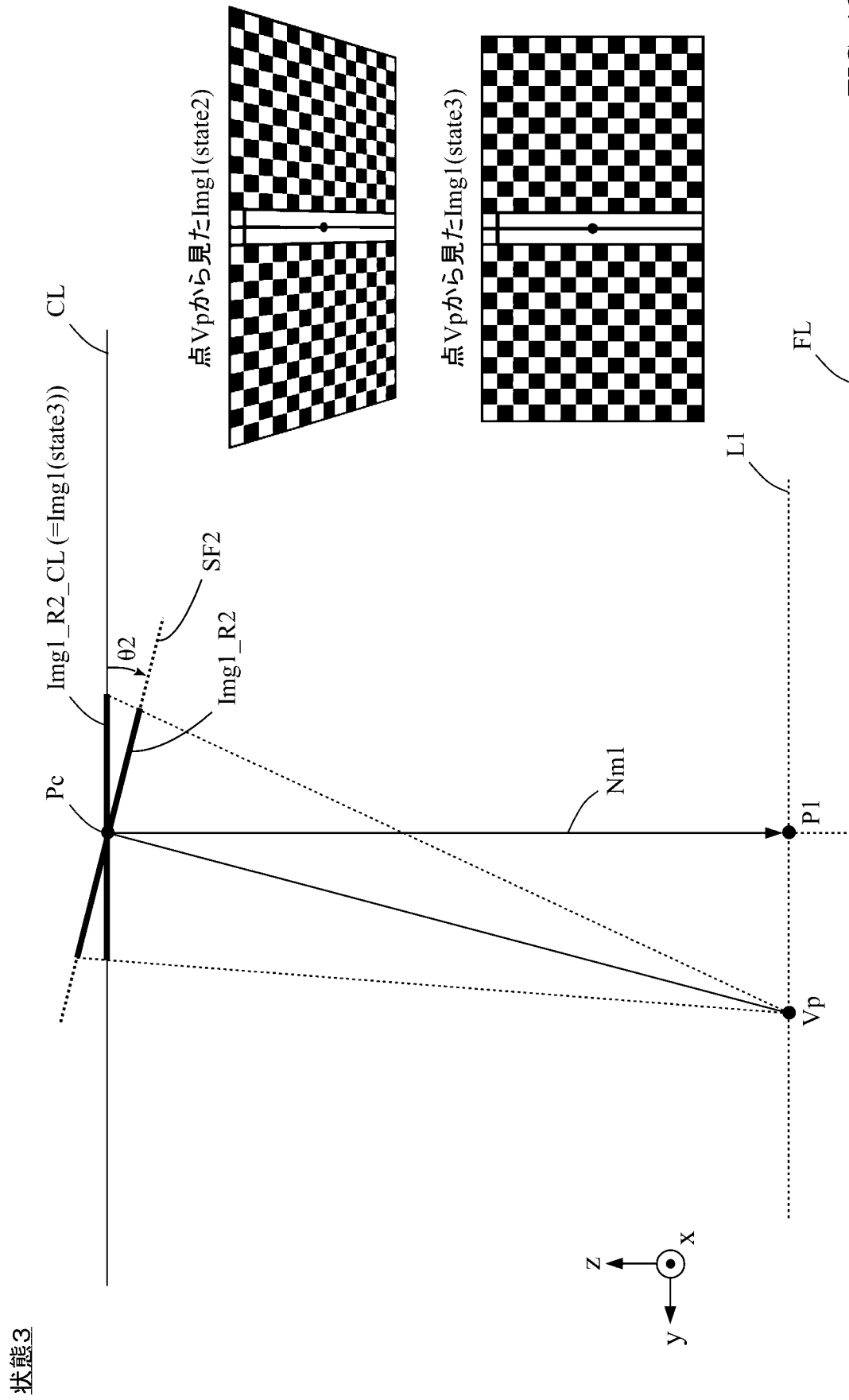


FIG. 12

[図13]

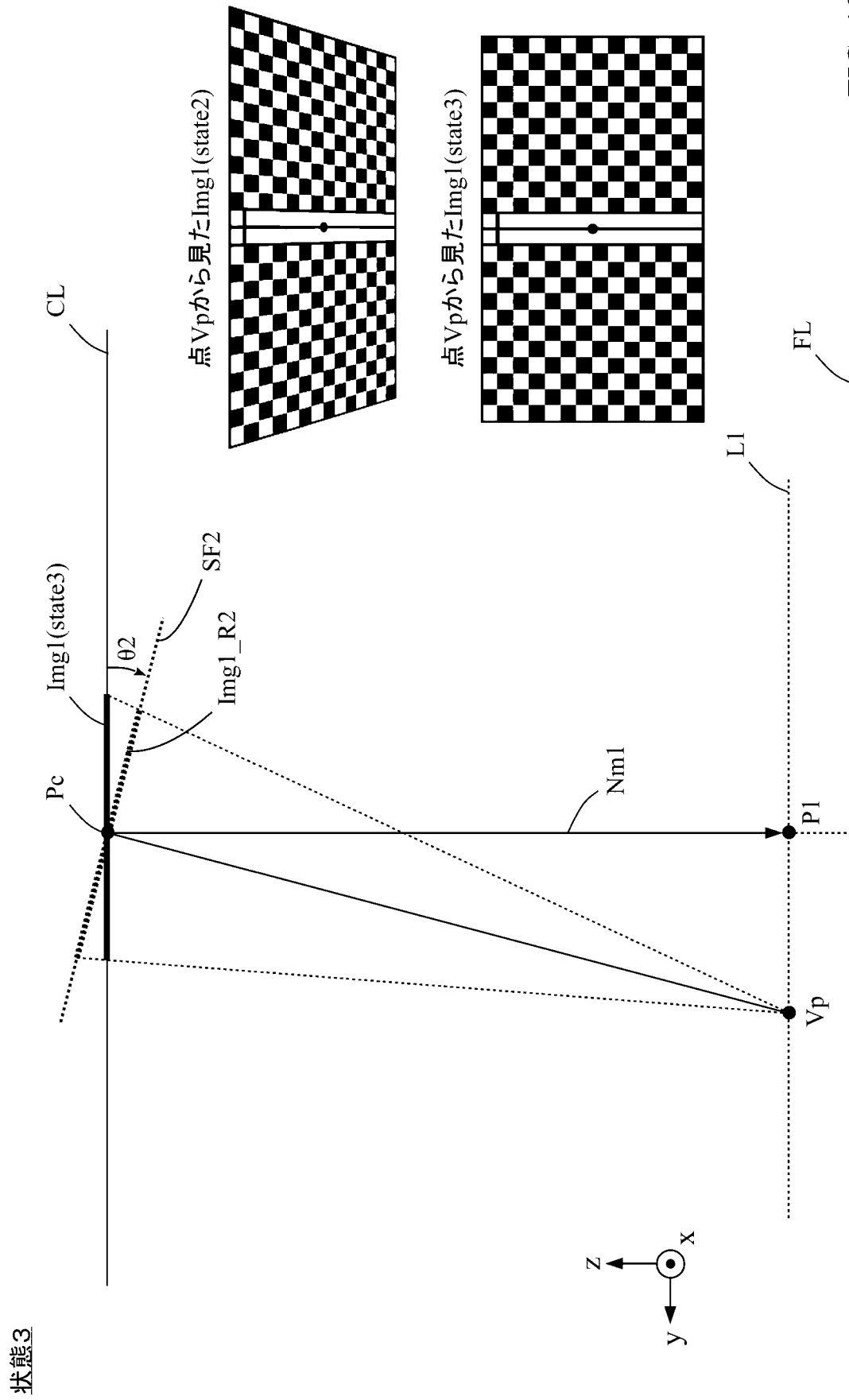


FIG. 13

[図14]

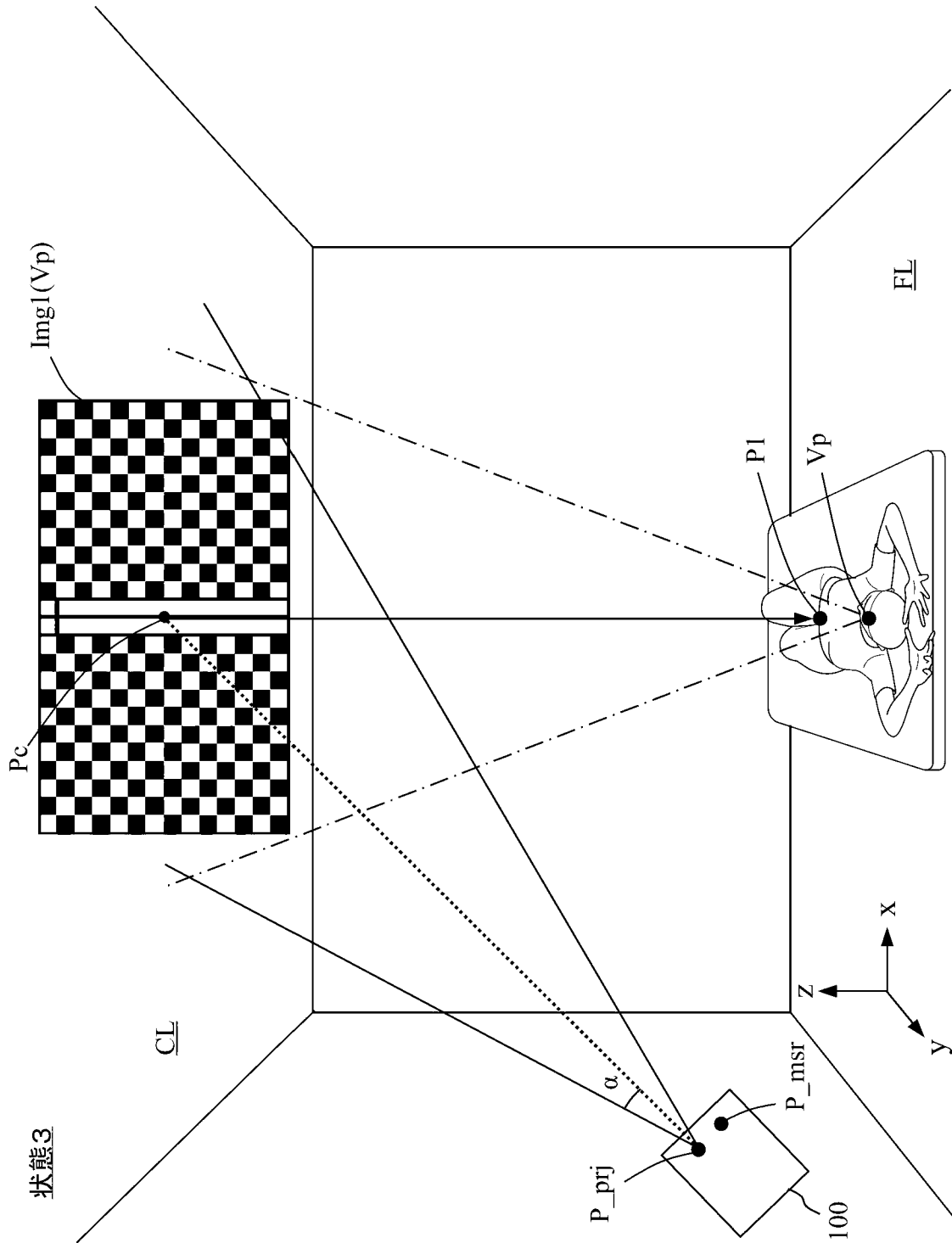


FIG. 14

[図15]

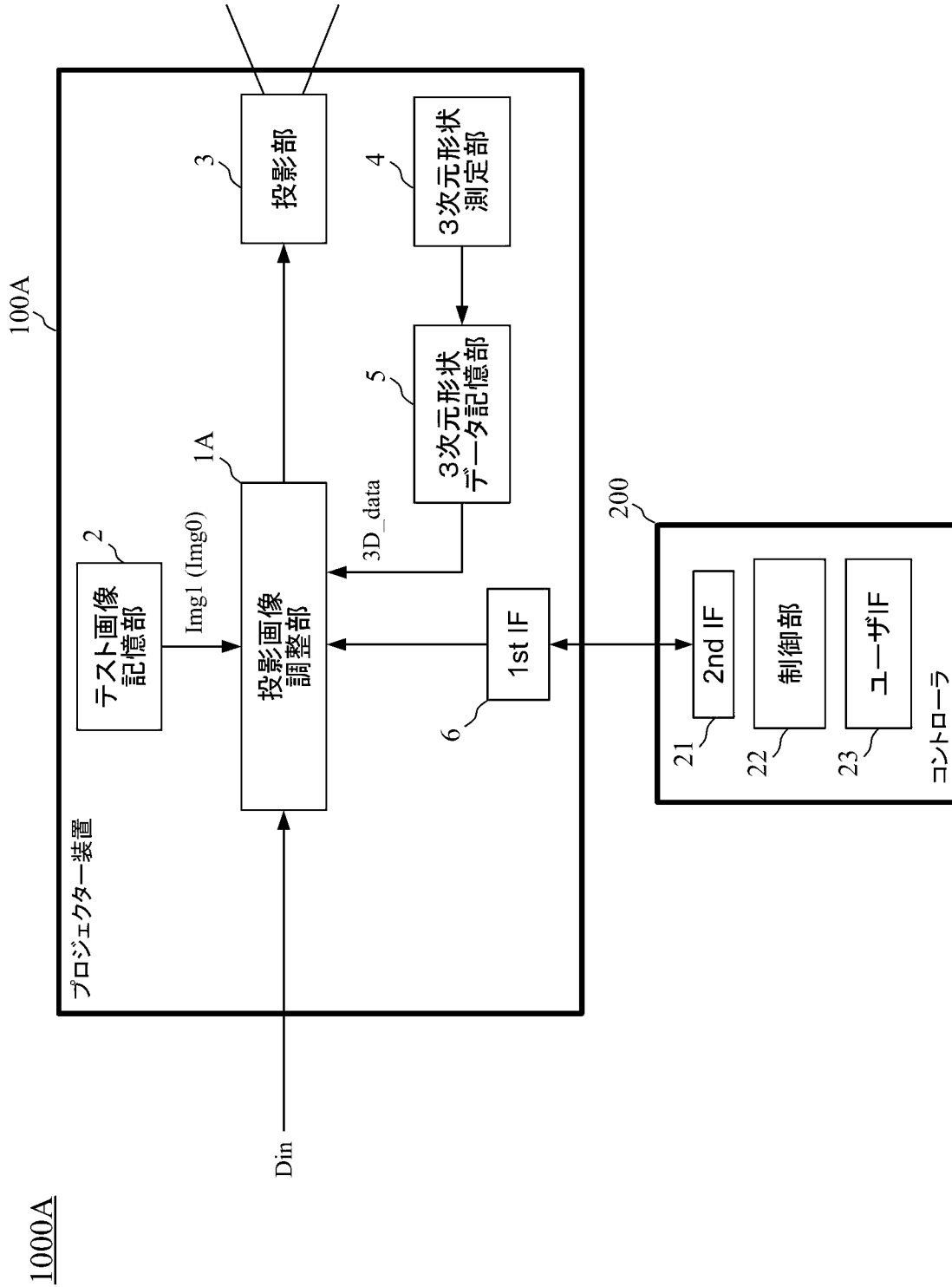


FIG. 15

[図16]

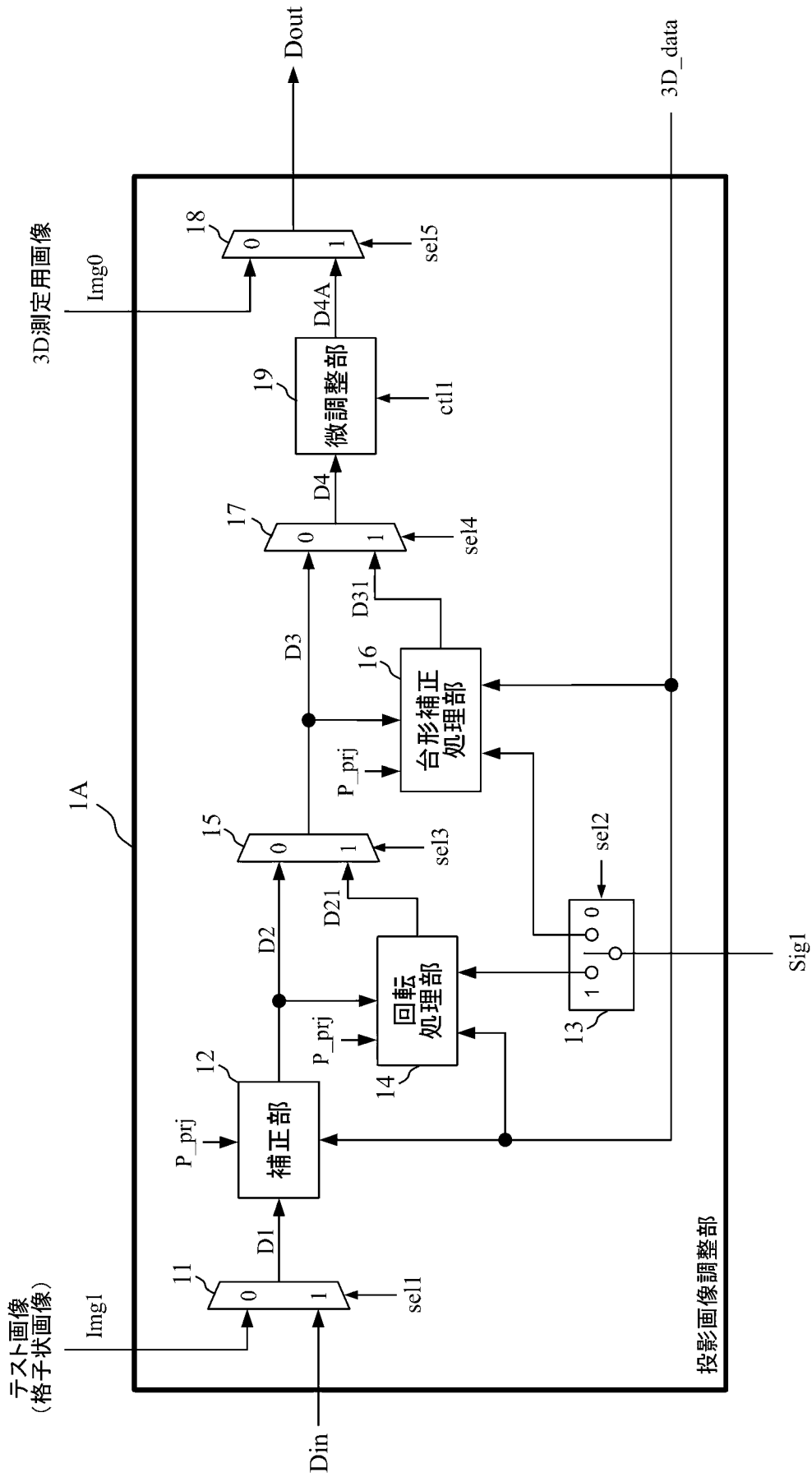


FIG. 16

[図17]

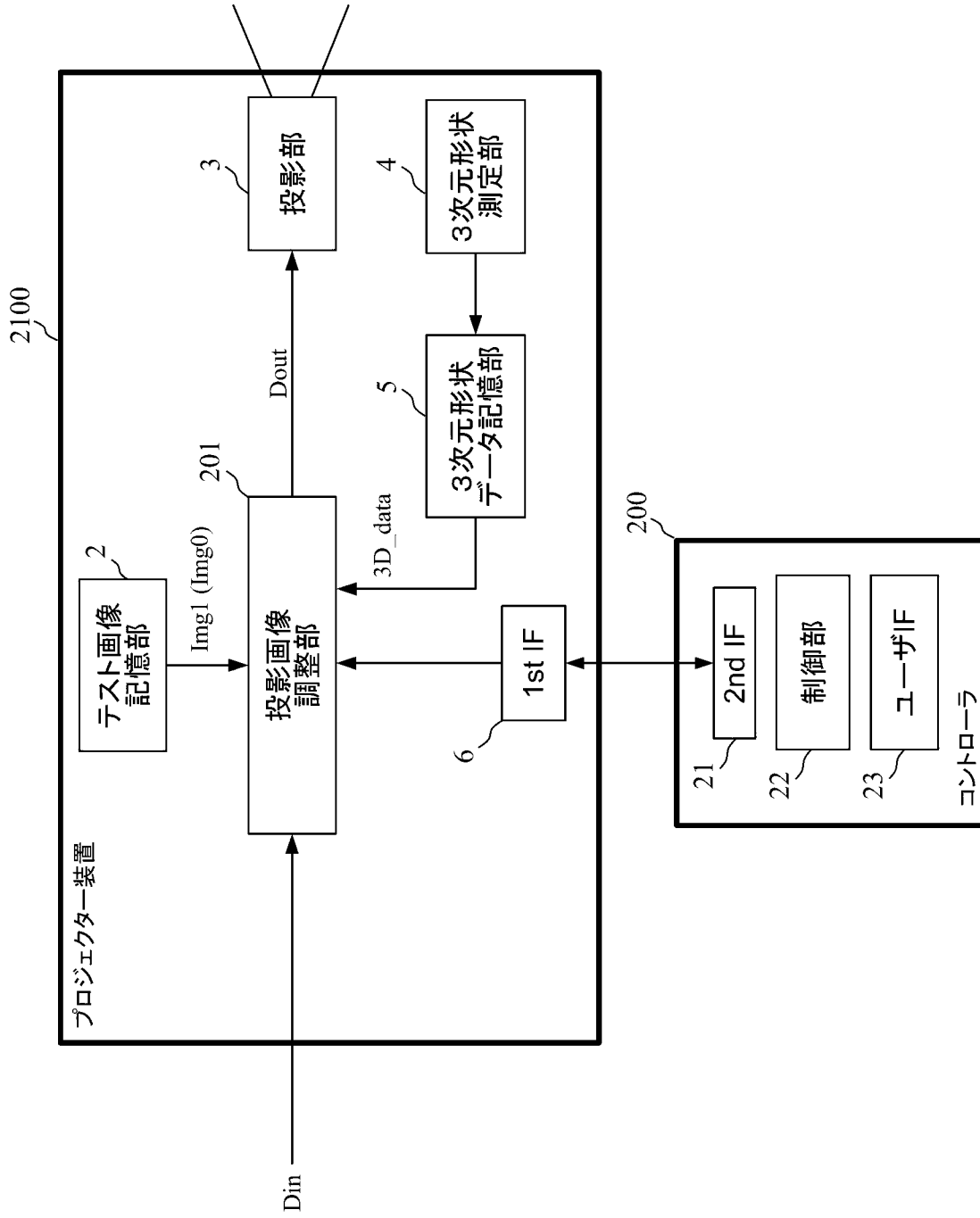


FIG. 17

[図18]

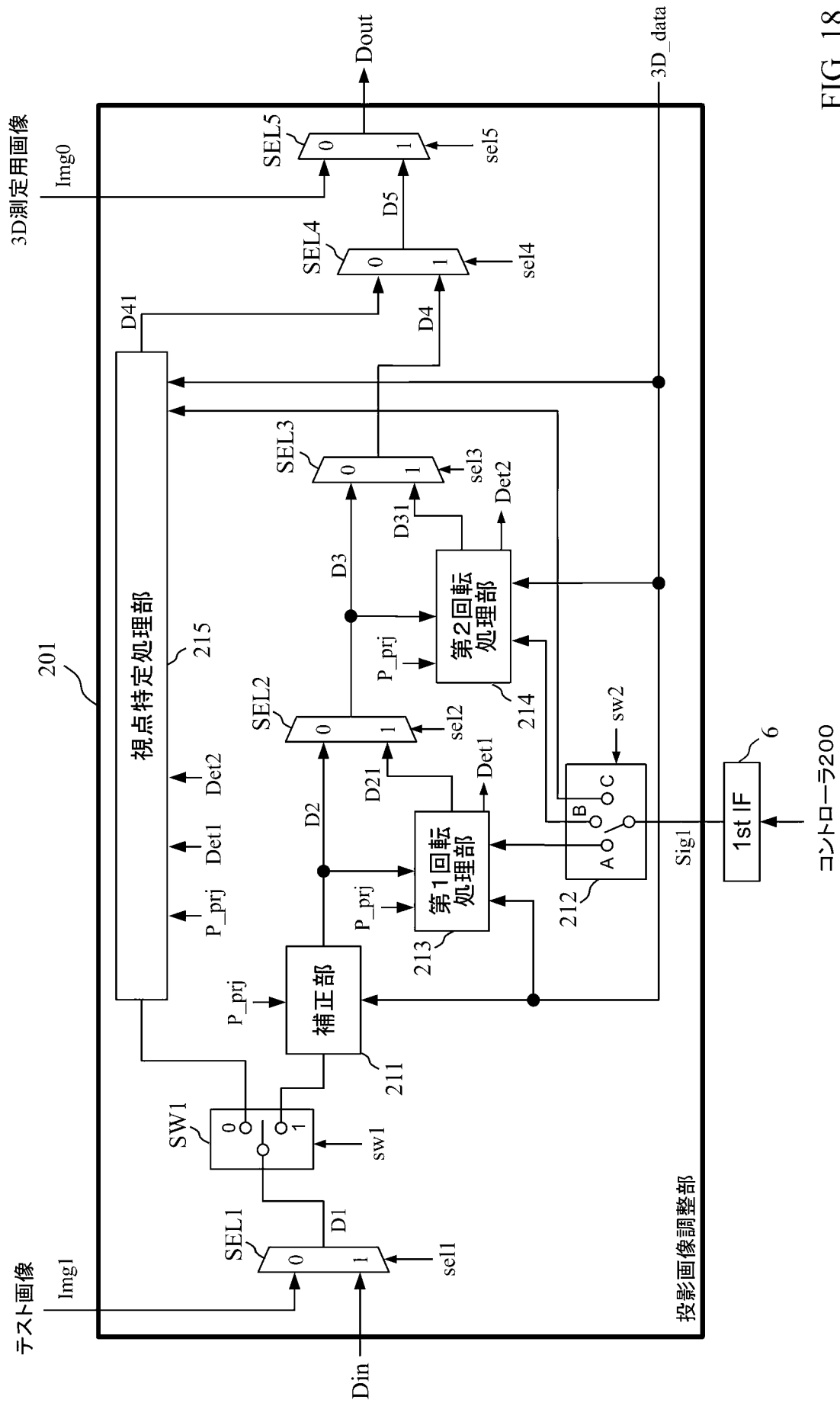


FIG. 18

[図19]

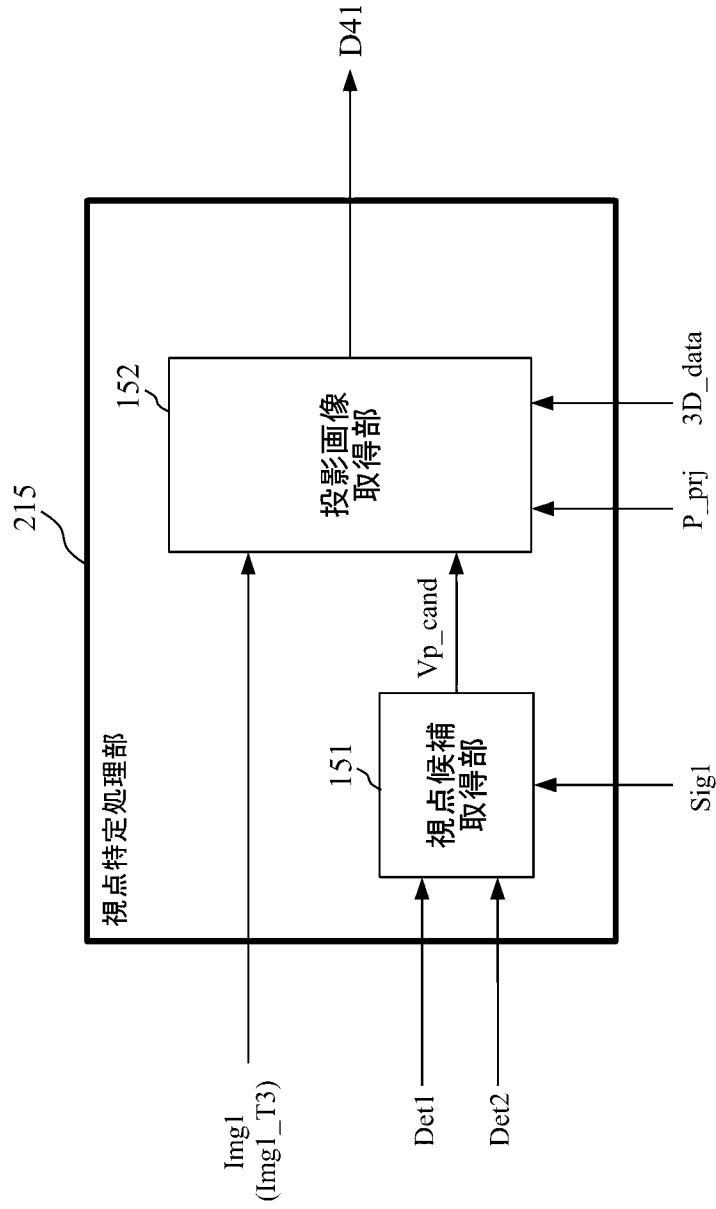


FIG. 19

[図20]

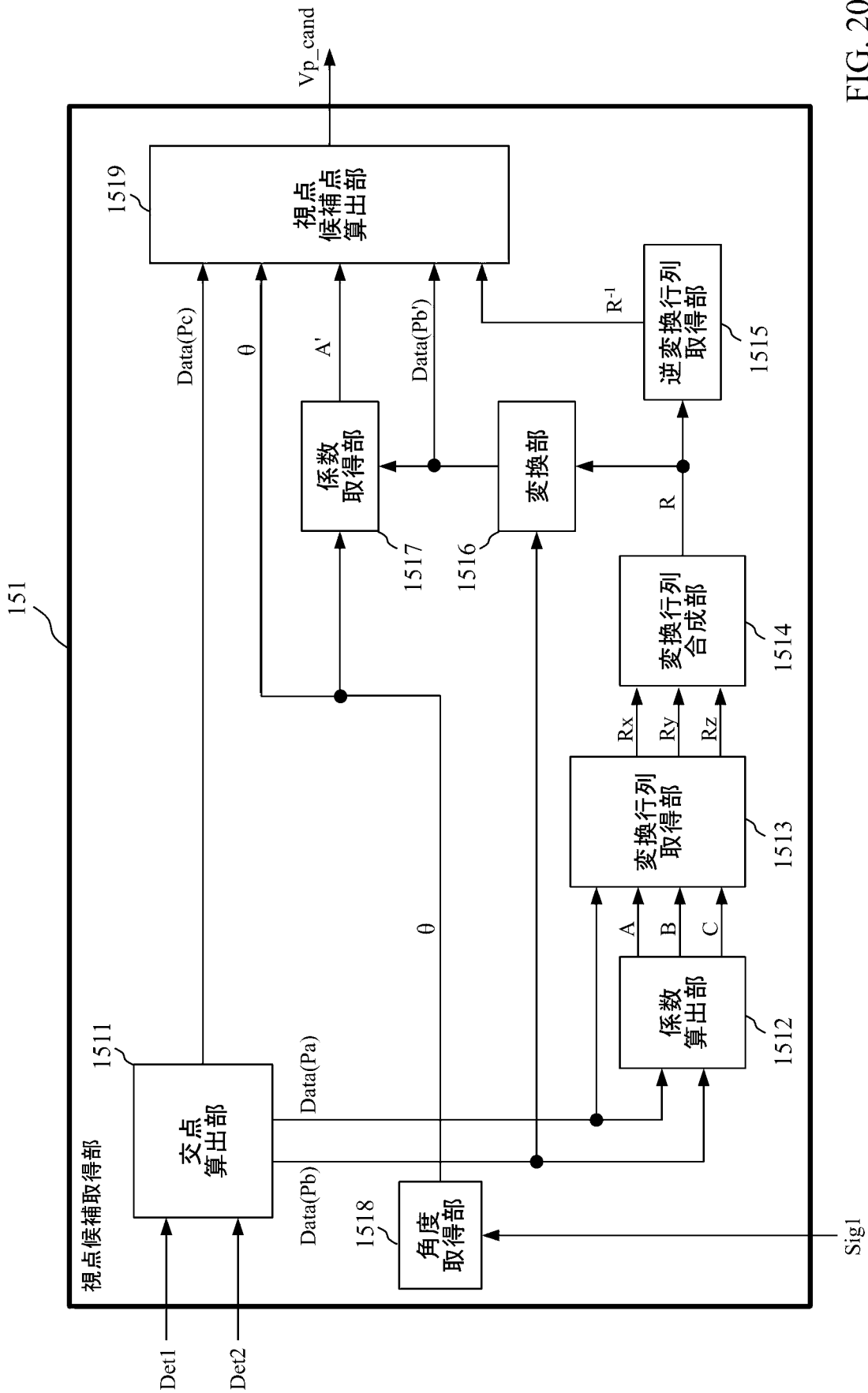


FIG. 20

[図21]

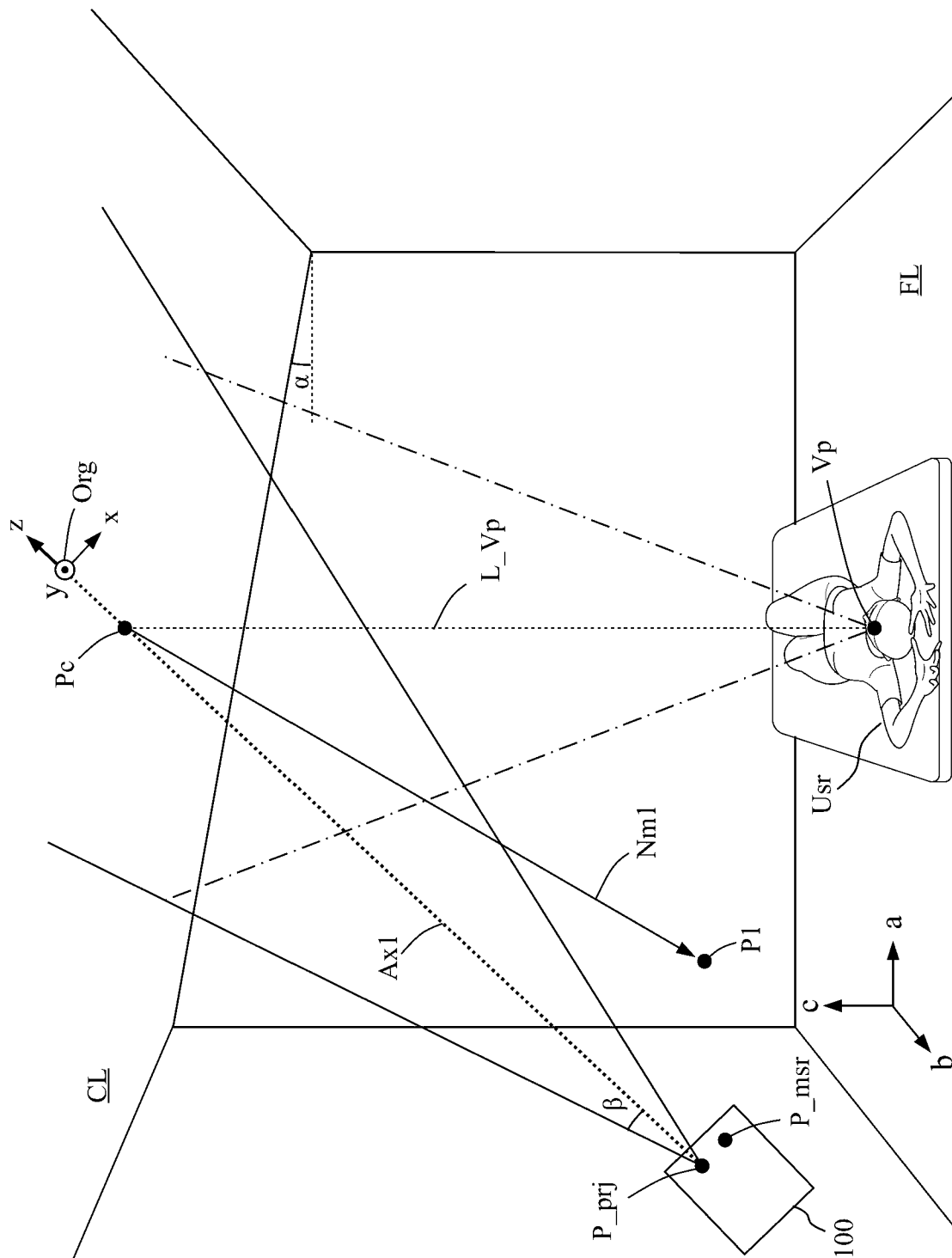


FIG. 21

[図22]

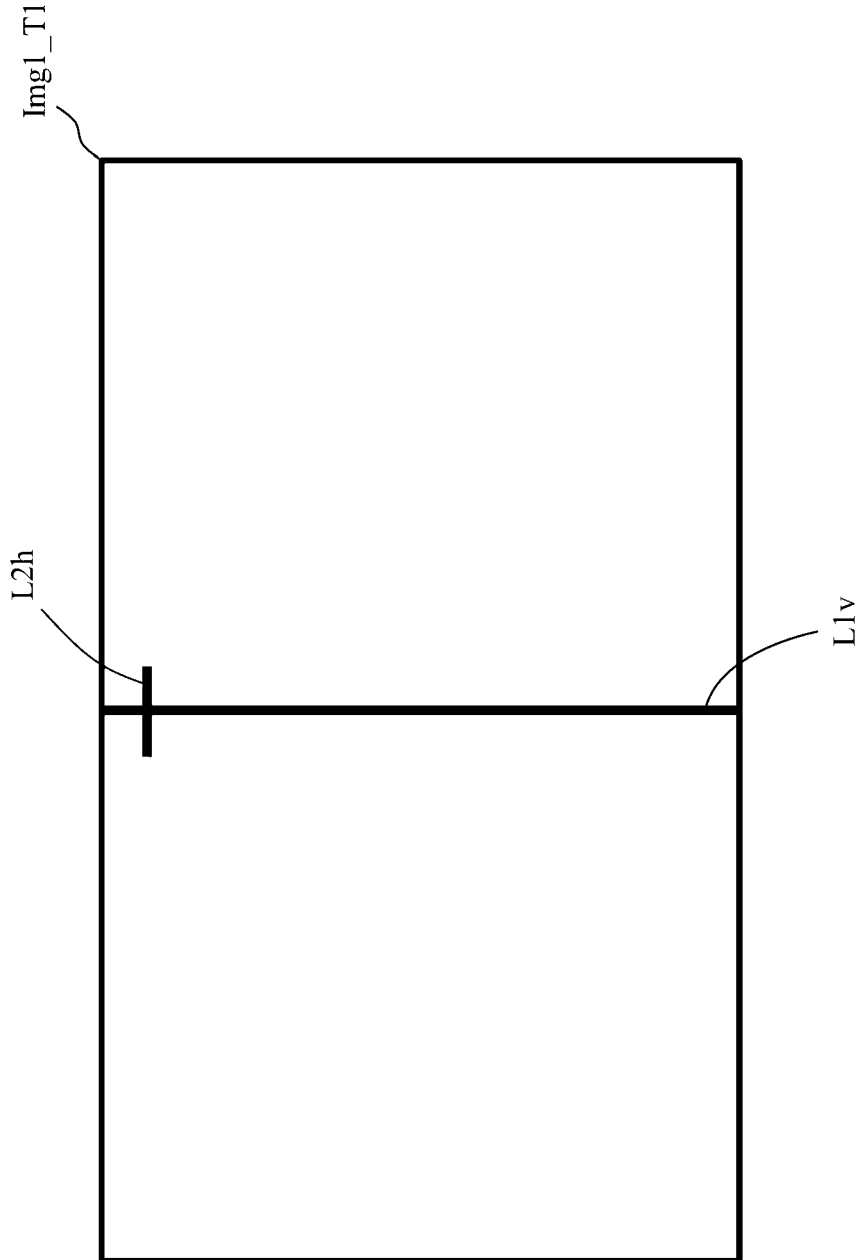


FIG. 22

[図23]

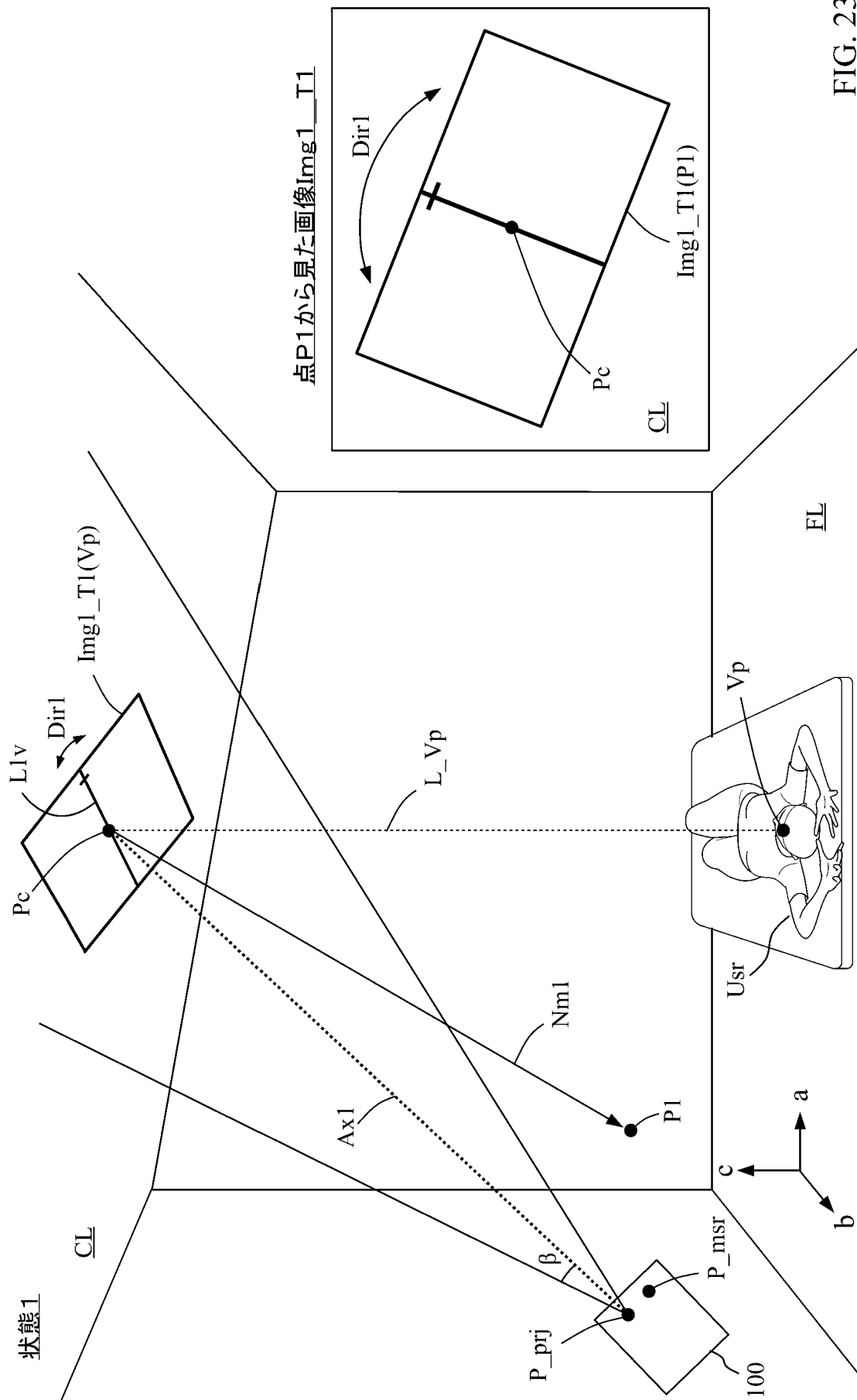


FIG. 23

[図24]

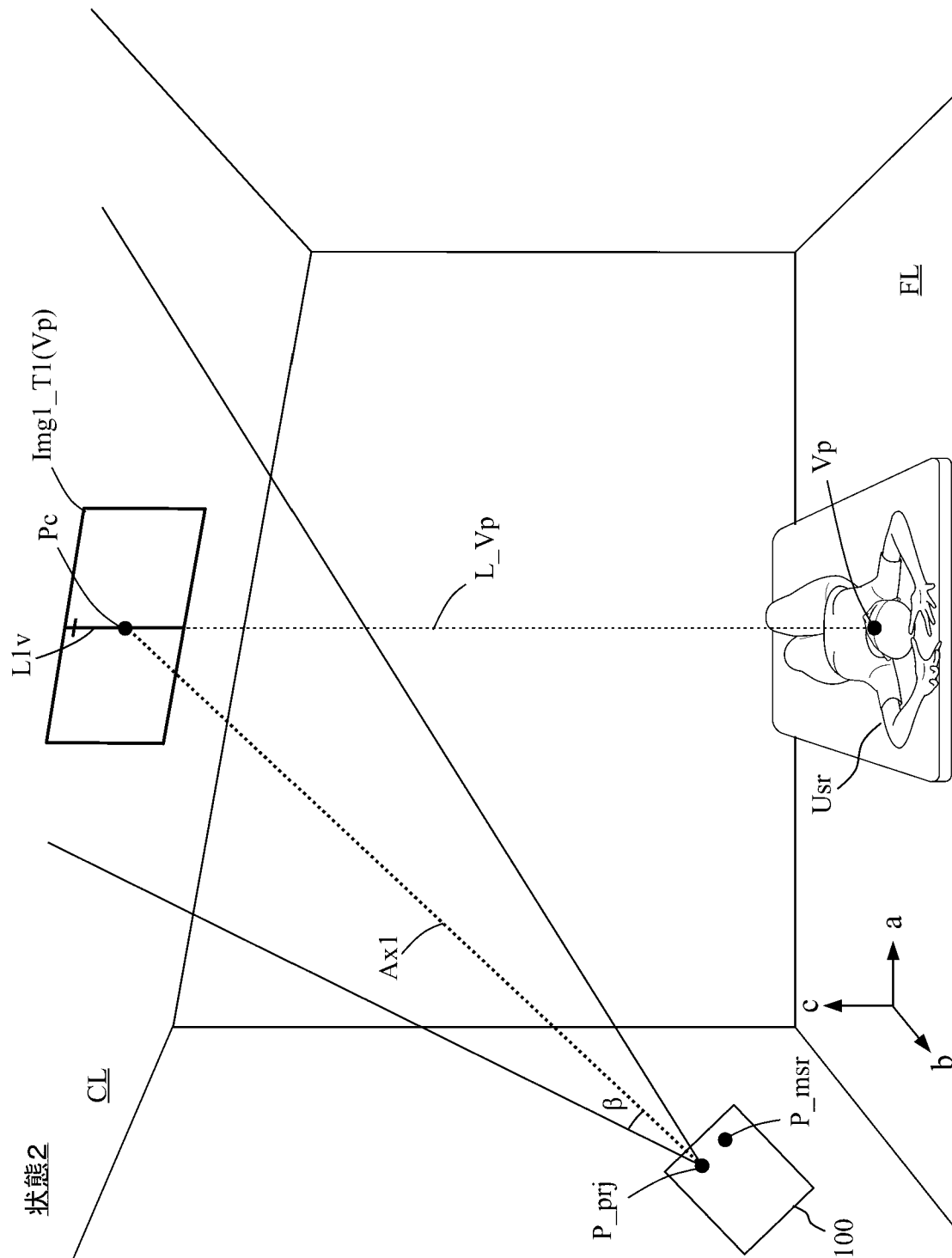


FIG. 24

[図25]



FIG. 25

[図26]

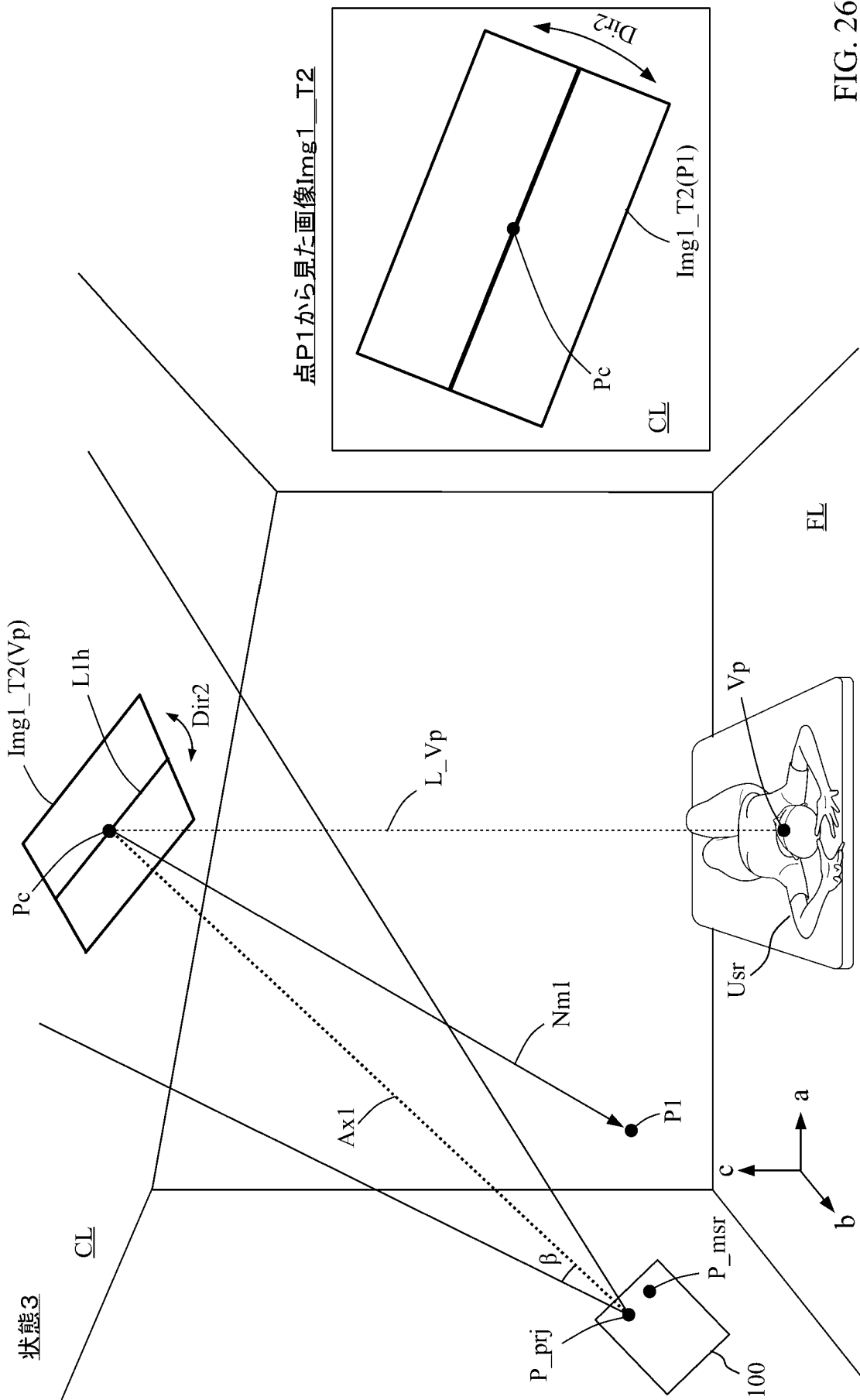


FIG. 26

[図27]

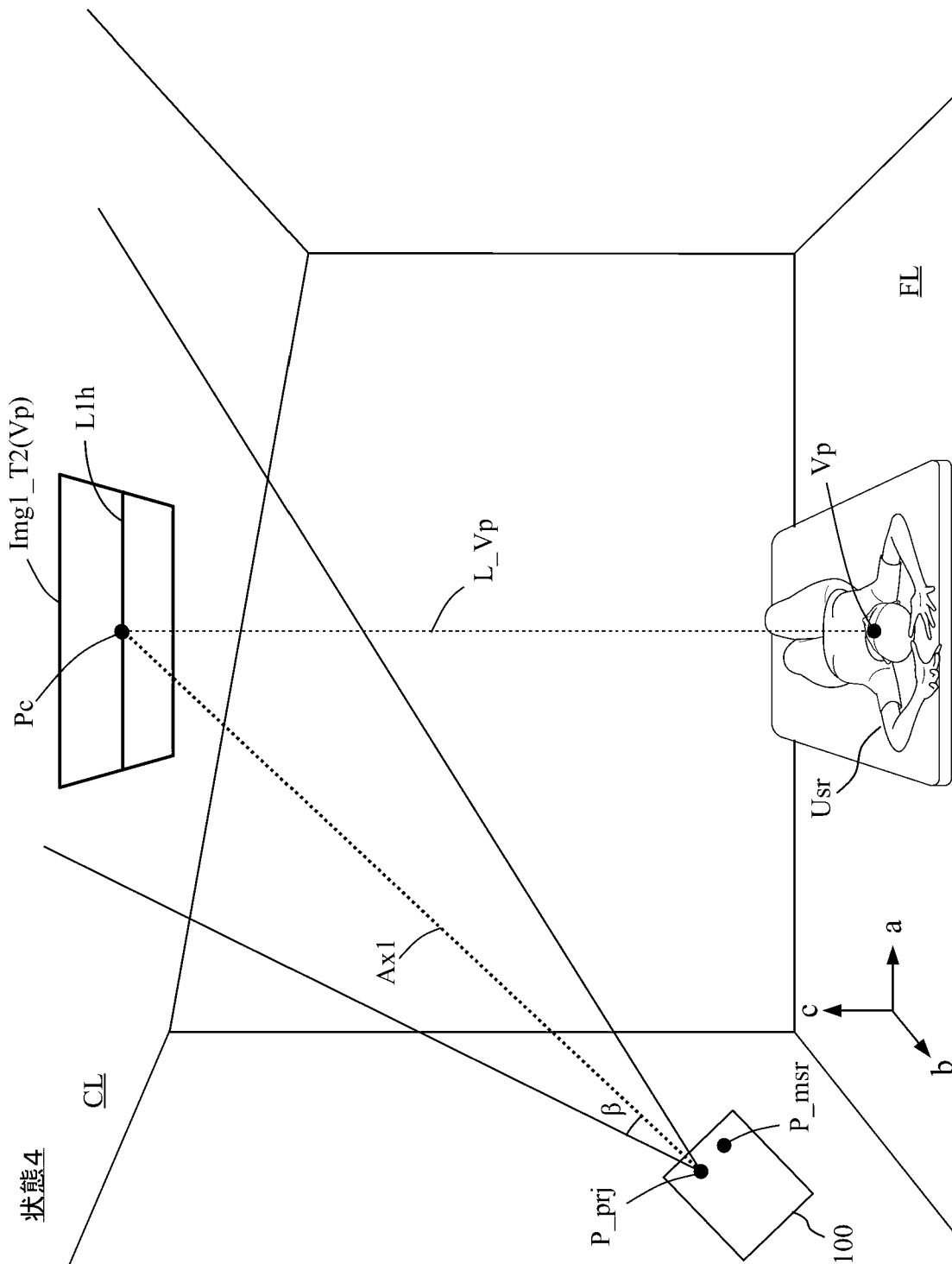


FIG. 27

[図28]

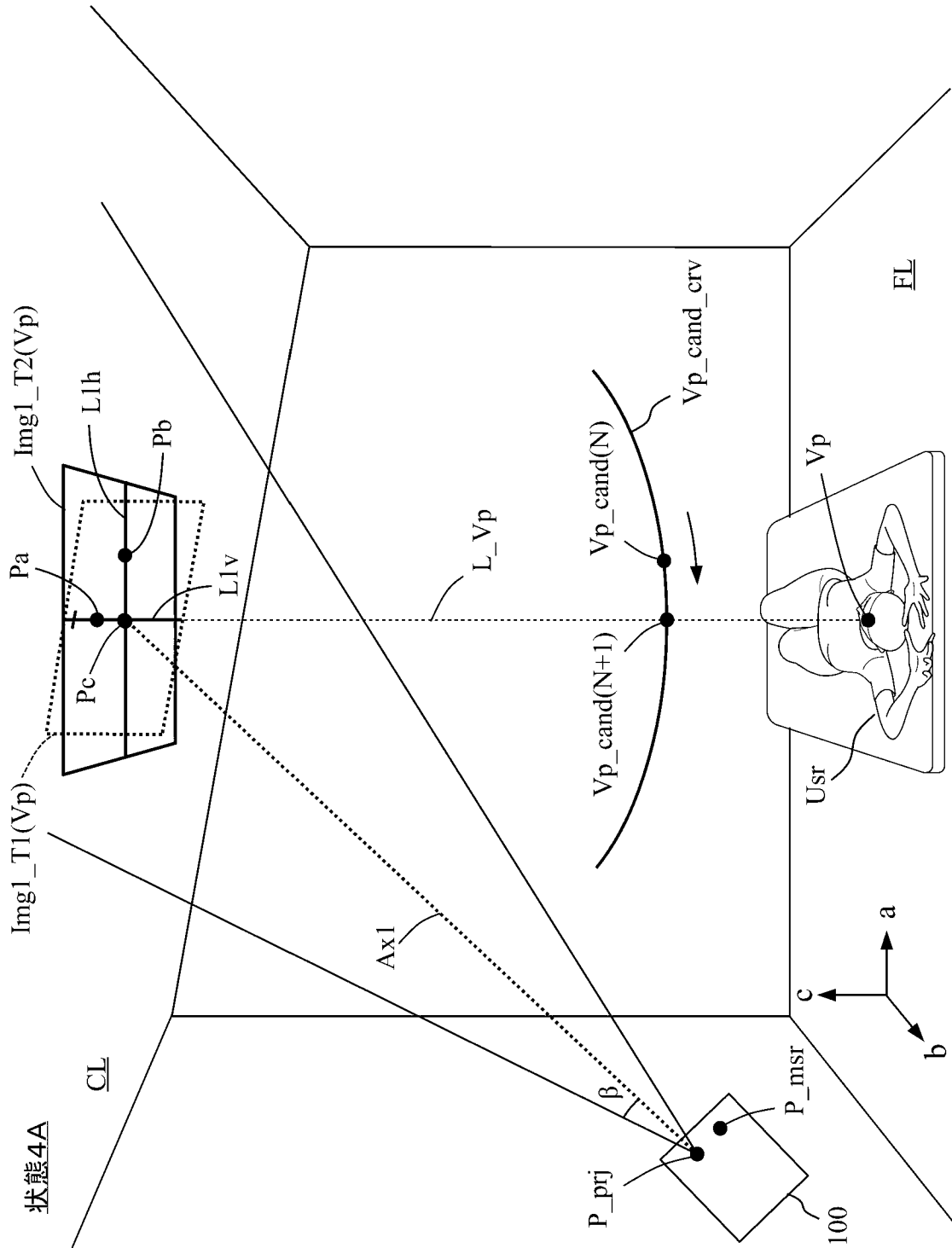



FIG. 28

[29]

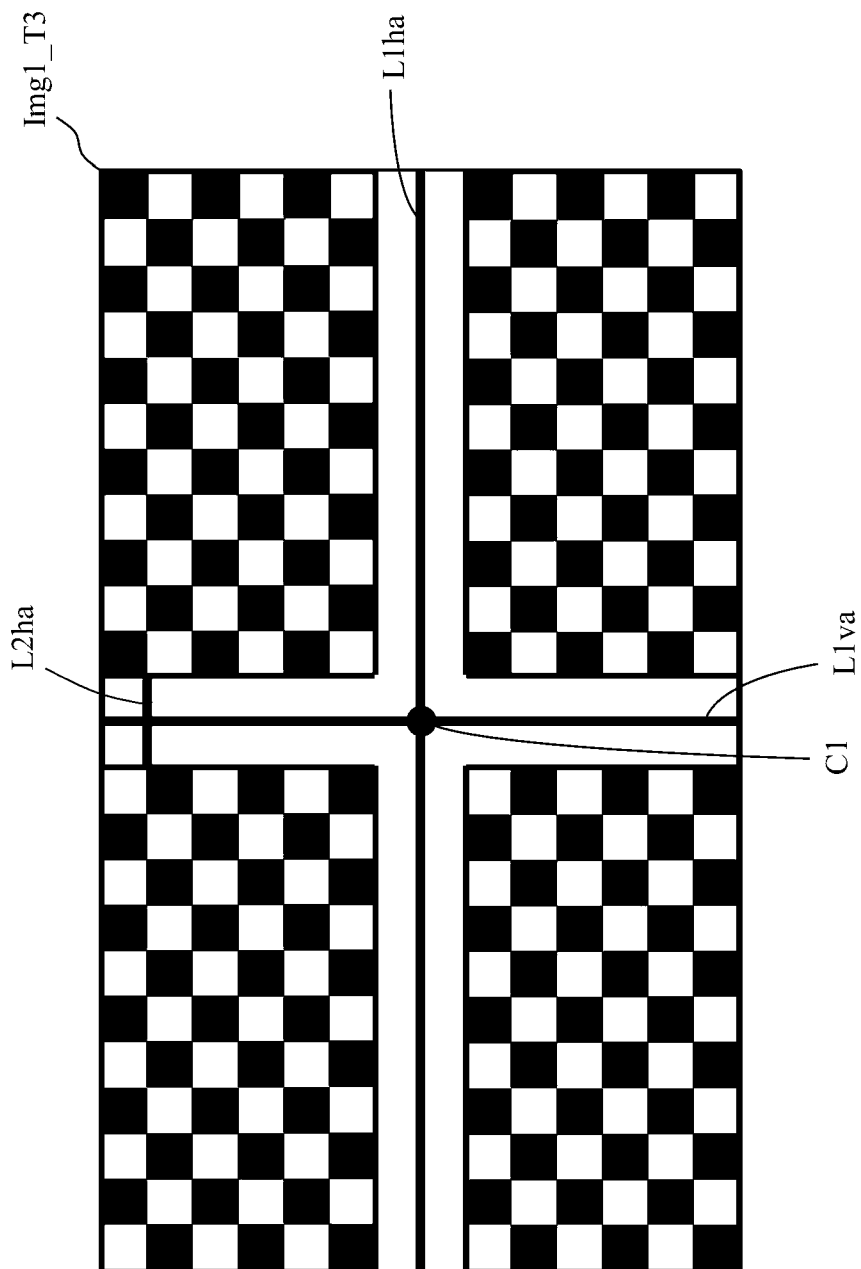


FIG. 29

[図30]

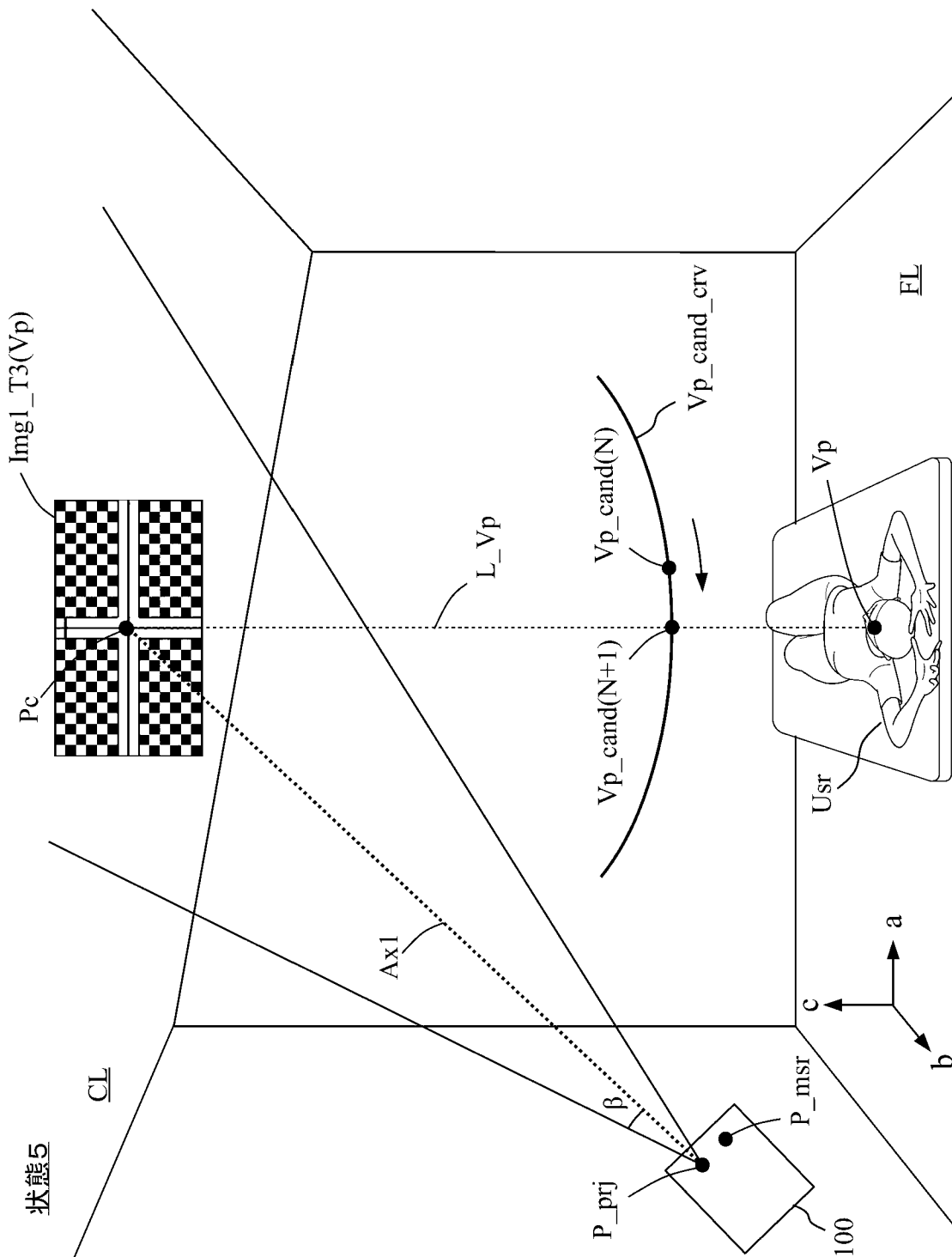


FIG. 30

[図31]

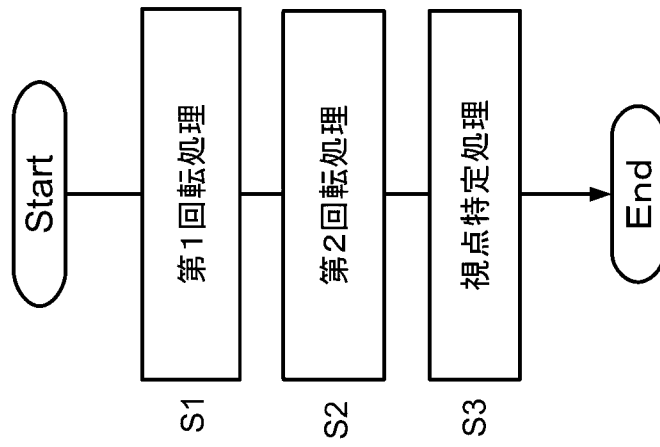


FIG. 31

[図32]

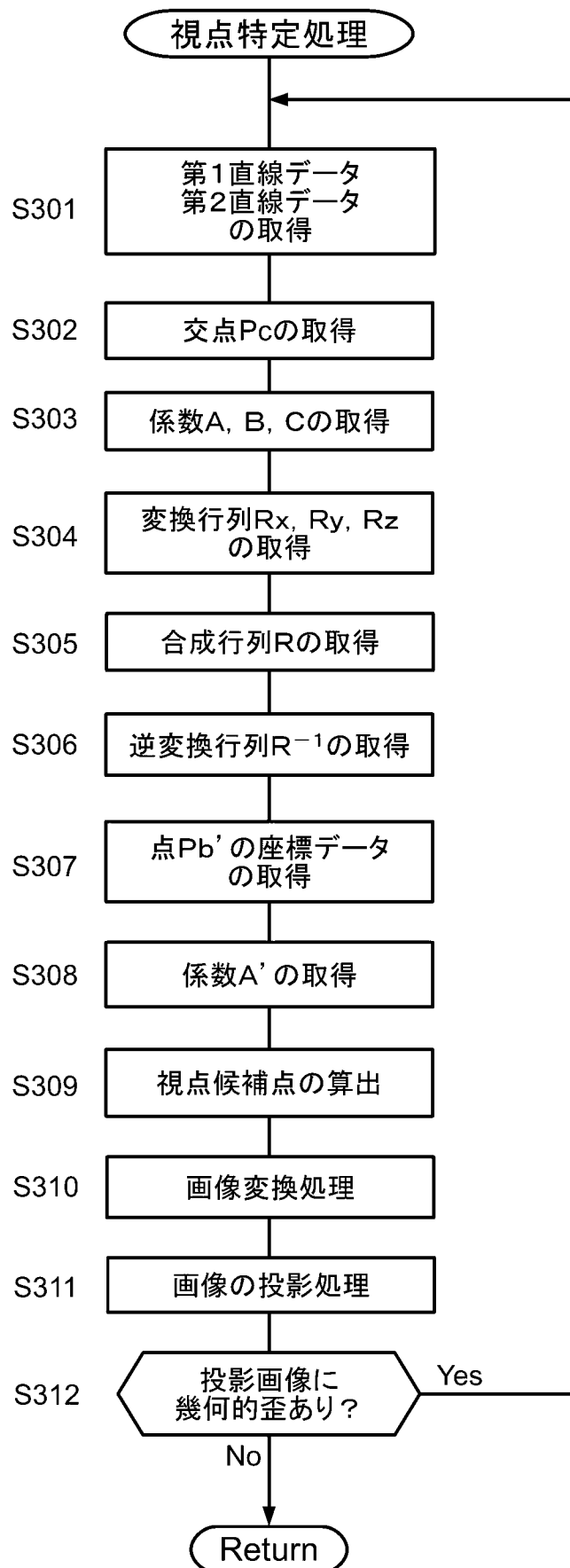


FIG. 32

[圖33]

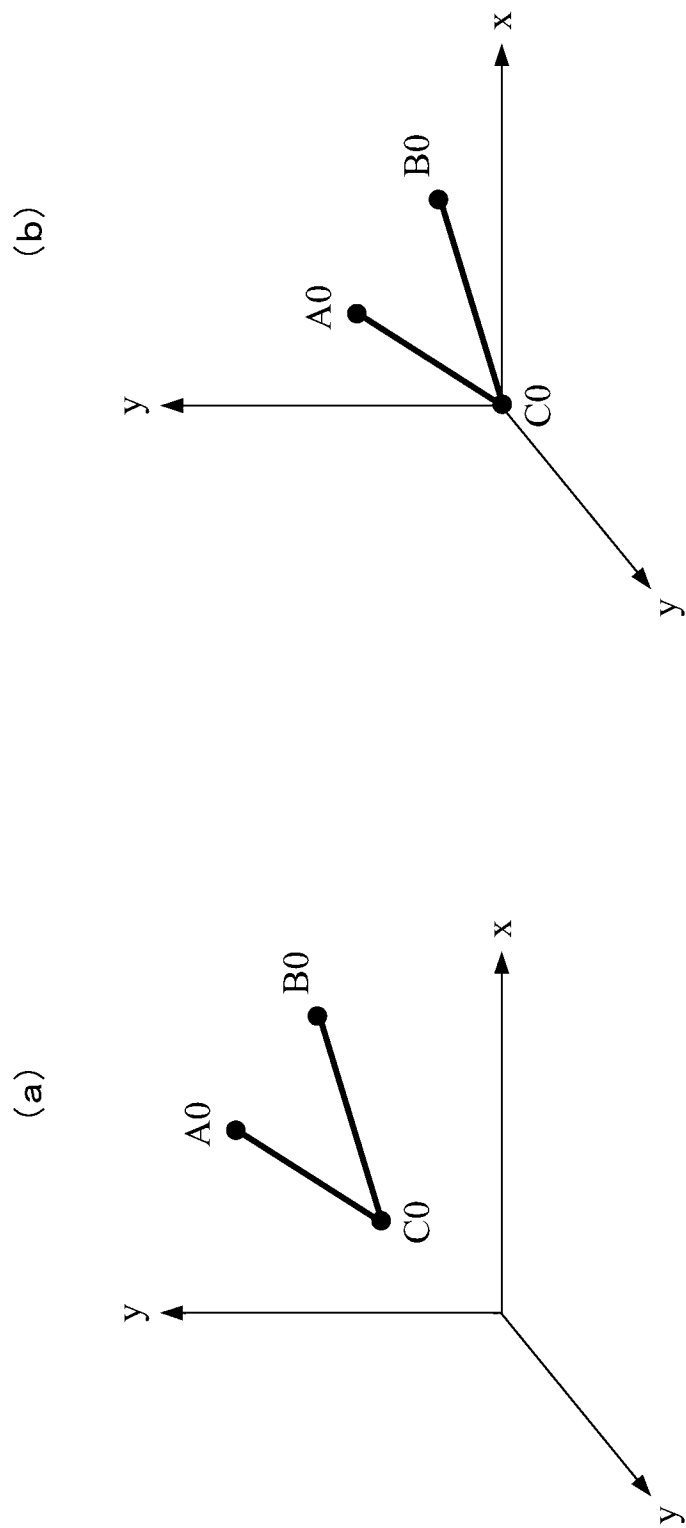


FIG. 33

[図34]

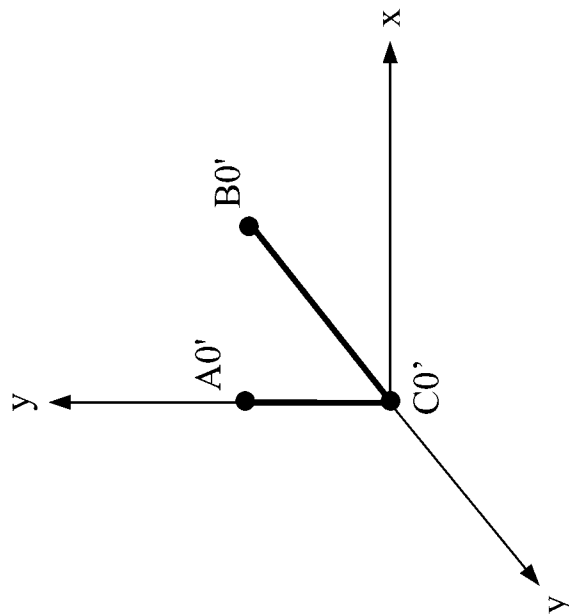


FIG. 34

[図35]

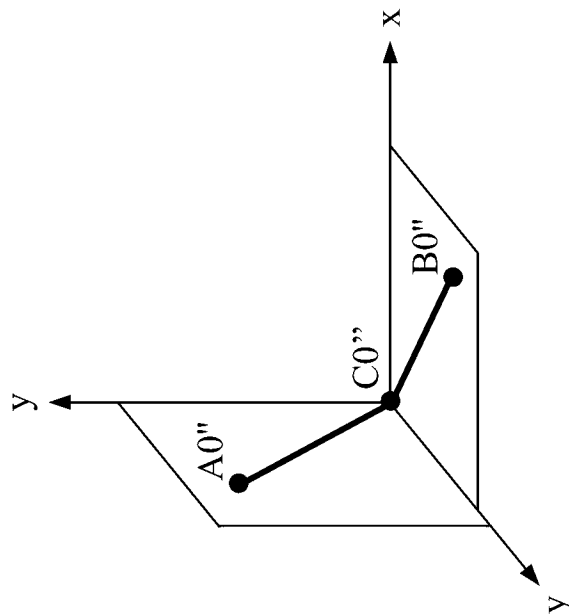


FIG. 35

[図36]

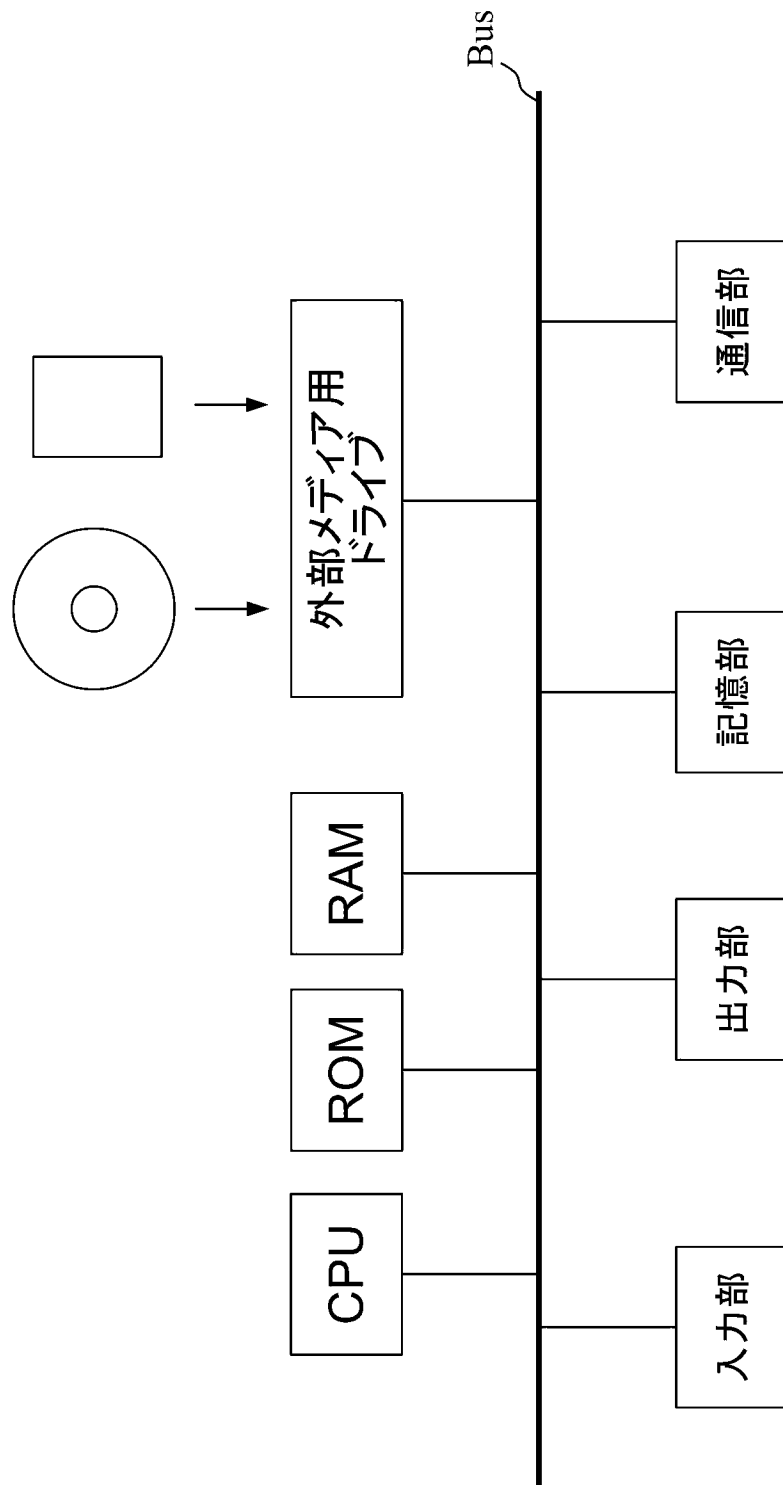


FIG. 36

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/056253

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H04N5/74(2006.01)i, G03B21/14(2006.01)i, G09G5/00(2006.01)i, G09G5/36(2006.01)i, H04N9/31(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 H04N5/74, G03B21/14, G09G5/00, G09G5/36, H04N9/31

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2008-085748 A (Victor Company of Japan, Ltd.), 10 April 2008 (10.04.2008), paragraphs [0008] to [0029]; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-18
A	JP 2005-123855 A (Nippon Telegraph and Telephone Corp.), 12 May 2005 (12.05.2005), paragraphs [0025] to [0031], [0053] to [0056]; fig. 8 to 12 (Family: none)	1-18

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 11 May 2016 (11.05.16)	Date of mailing of the international search report 24 May 2016 (24.05.16)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/056253

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-135921 A (Panasonic Corp.), 18 June 2009 (18.06.2009), paragraphs [0036] to [0137]; fig. 1 to 12 & US 2009/0115916 A1 paragraphs [0061] to [0161]; fig. 1 to 12	1-18
A	JP 2013-026824 A (Mitsubishi Precision Co., Ltd.), 04 February 2013 (04.02.2013), paragraphs [0028] to [0110]; fig. 1 to 8 (Family: none)	1-18
A	JP 2014-131091 A (Ricoh Co., Ltd.), 10 July 2014 (10.07.2014), paragraphs [0007] to [0056] & US 2015/0319415 A1 paragraphs [0021] to [0066]; fig. 1 to 11 & WO 2014/104383 A1 & KR 10-2015-0088858 A & CN 104956664 A	1-18

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H04N5/74(2006.01)i, G03B21/14(2006.01)i, G09G5/00(2006.01)i, G09G5/36(2006.01)i, H04N9/31(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H04N5/74, G03B21/14, G09G5/00, G09G5/36, H04N9/31

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2008-085748 A (日本ビクター株式会社) 2008.04.10, 段落[0008]-[0029], 図 1-3 (ファミリーなし)	1-18
A	JP 2005-123855 A (日本電信電話株式会社) 2005.05.12, 段落[0025]-[0031], [0053]-[0056], 図 8-12 (ファミリーなし)	1-18

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

11.05.2016

国際調査報告の発送日

24.05.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
郵便番号 100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

佐野 潤一

5 P

3903

電話番号 03-3581-1101 内線 3581

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2009-135921 A (パナソニック株式会社) 2009.06.18, 段落[0036]-[0137], 図 1-12 & US 2009/0115916 A1, 段落[0061]-[0161], 図 1-12	1-18
A	JP 2013-026824 A (三菱プレシジョン株式会社) 2013.02.04, 段落[0028]-[0110], 図 1-8 (ファミリーなし)	1-18
A	JP 2014-131091 A (株式会社リコー) 2014.07.10, 段落[0007]-[0056] & US 2015/0319415 A1, 段落[0021]-[0066], 図 1-11 & WO 2014/104383 A1 & KR 10-2015-0088858 A & CN 104956664 A	1-18