(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
2023年3月30日(30.03.2023)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2023/047833 A1

(51) 国際特許分類:
H04N 9/31 (2006.01) *G09G 5/00* (2006.01)
G03B 21/00 (2006.01) *H04N 17/00* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2022/030619

(22) 国際出願日： 2022年8月10日(10.08.2022)

(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 2021-157091 2021年9月27日(27.09.2021) JP

(71) 出願人: 富士フイルム株式会社 (**FUJIFILM CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1068620 東京都港区西麻布２丁目２６番３０号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 板垣 和幸 (**ITAGAKI Kazuyuki**); 〒3319624 埼玉県さいたま市北区植竹町１丁目３２４番地 富士フイルム株式会社内 Saitama (JP). 今村 賢司(**IMAMURA Kenshi**); 〒3319624 埼玉県さいたま市北区植竹町１丁目３２４番地 富士フイルム株式会社内 Saitama (JP).

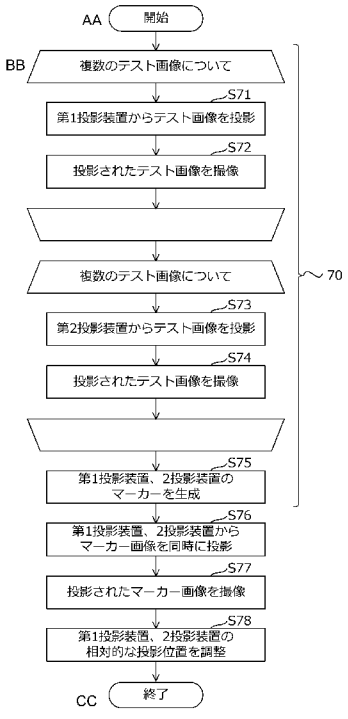
(74) 代理人: 特許業務法人航栄特許事務所(**KOH-EI PATENT FIRM, P.C.**); 〒1050003 東京都港区西新橋一丁目７番１３号 虎ノ門イーストビルディング９階 Tokyo (JP).

(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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,

(54) **Title:** CONTROL DEVICE, CONTROL METHOD, CONTROL PROGRAM, AND PROJECTION SYSTEM

(54) 発明の名称： 制御装置、制御方法、制御プログラム、及び投影システム

[図7]



S71 ... Project test image from first projection device
S72 ... Capture projected test image
S73 ... Project test image from second projection device
S74 ... Capture projected test image
S75 ... Generate markers for first projection device, second projection device
S76 ... Simultaneously project marker images from first projection device, second projection device
S77 ... Capture projected marker image
S78 ... Adjust relative projection position of first projection device, second projection device
AA ... Start
BB ... For plurality of test images
CC ... End

(57) **Abstract:** The present invention provides a control device, a control method, a control program, and a projection system that make it possible to accurately adjust a relative projection position of a plurality of projection devices. In the present invention, a computer (50) causes test images (80, 90) to be projected at different timings from a first projection device (10a) and a second projection device (10b). Next, the computer (50) causes marker images (110a, 110b) including markers (111a, 111b) having different colors to be projected from at least (2) or more projection devices among the first

WO 2023/047833 A1

[続葉有]

DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(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)）

projection device (10a) and the second projection device (10b) on the basis of imaging data of the projected test images (80, 90). The computer (50) adjusts the relative projection position of the first projection device (10a) and the second projection device (10b) on the basis of imaging data of the projected marker images (110a, 110b).

(57) 要約：複数の投影装置の相対的な投影位置を精度よく調整することのできる制御装置、制御方法、制御プログラム、及び投影システムを提供する。 コンピュータ（５０）は、第１投影装置（１０ａ）及び第２投影装置（１０ｂ）からテスト画像（８０，９０）を異なるタイミングで投影させる。次に、コンピュータ（５０）は、投影されたテスト画像（８０，９０）の撮像データに基づいて、第１投影装置（１０ａ）及び第２投影装置（１０ｂ）のうち少なくとも（２）以上の投影装置から、色が異なるマーカー（１１１ａ，１１１ｂ）を含むマーカー画像（１１０ａ，１１０ｂ）を投影させる。そして、コンピュータ（５０）は、投影されたマーカー画像（１１０ａ，１１０ｂ）の撮像データに基づいて、第１投影装置（１０ａ）及び第２投影装置（１０ｂ）の相対的な投影位置を調整する。

明　細　書

発明の名称 ：

制御装置、制御方法、制御プログラム、及び投影システム

技術分野

[0001] 本発明は、制御装置、制御方法、制御プログラム、及び投影システムに関する。

背景技術

[0002] 特許文献１には、相互に異なるマーカー画像及び相互に異なるパターン画像を含む第１の画像及び第２の画像を投影面に重ねて投影し、その第１の画像及び第２の画像を撮像することによって生成された撮像画像から、マーカー画像に基づいて第１の画像を識別し、第１の画像に含まれる第１のパターン画像の歪みを補正し、補正後の第１のパターン画像を、基準パターン画像とパターンマッチングすることによって、第１の画像が投影面に投影された位置を判定する画像処理装置が記載されている。

[0003] 特許文献２には、被投影体に向けて画像を投影する複数の投影装置毎に、投影可能領域を示す調整用チャートであって、調整用チャートの一部しか被投影体に投影されていなくても、その一部に基づいて投影可能領域の外郭が特定される調整用チャートを投影させる投影制御装置が記載されている。

[0004] 特許文献３には、複数台のプロジェクタから投写された複数の投写画面をスクリーン上で合成表示する際に、複数台のプロジェクタからスクリーン上に投写された複数のテストチャートを撮像し、撮像結果に基づいて、複数台のプロジェクタによる複数の投写領域を判定する投写制御装置が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：日本国特開２０２１－０８５９０７号公報

特許文献2：日本国特開２０１４－０８６７８８号公報

特許文献3：日本国特開２０１２－１４２６６９号公報

発明の概要

[0006] 本開示の技術に係る１つの実施形態は、複数の投影装置の相対的な投影位置を精度よく調整することができる制御装置、制御方法、制御プログラム、及び投影システムを提供する。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の一態様の制御装置は、プロセッサを備える制御装置であって、上記プロセッサは、複数の投影装置から第１画像を異なるタイミングで投影させ、投影された上記第１画像の撮像データに基づいて、上記複数の投影装置のうち少なくとも２以上の投影装置から、色が異なるマーカーを含む第２画像を投影させ、投影された上記第２画像の撮像データに基づいて、上記複数の投影装置の相対的な投影位置を調整する、制御を行うものである。

[0008] 本発明の一態様の制御方法は、制御装置が備えるプロセッサが、複数の投影装置から第１画像を異なるタイミングで投影させ、投影された上記第１画像の撮像データに基づいて、上記複数の投影装置のうち少なくとも２以上の投影装置から、色が異なるマーカーを含む第２画像を投影させ、投影された上記第２画像の撮像データに基づいて、上記複数の投影装置の相対的な投影位置を調整する、制御を行うものである。

[0009] 本発明の一態様の制御プログラムは、制御装置が備えるプロセッサに、複数の投影装置から第１画像を異なるタイミングで投影させ、投影された上記第１画像の撮像データに基づいて、上記複数の投影装置のうち少なくとも２以上の投影装置から、色が異なるマーカーを含む第２画像を投影させ、投影された上記第２画像の撮像データに基づいて、上記複数の投影装置の相対的な投影位置を調整する、制御を実行させるためのものである。

[0010] 本発明の一態様の投影システムは、複数の投影装置と、プロセッサを備える制御装置と、を含む投影システムであって、上記プロセッサが、上記複数の投影装置から第１画像を異なるタイミングで投影させ、投影された上記第１画像の撮像データに基づいて、上記複数の投影装置のうち少なくとも２以

上の投影装置から、色が異なるマーカーを含む第２画像を投影させ、投影された上記第２画像の撮像データに基づいて、上記複数の投影装置の相対的な投影位置を調整する、制御を行うものである。

発明の効果

[0011] 本発明によれば、複数の投影装置の相対的な投影位置を精度よく調整することのできる制御装置、制御方法、制御プログラム、及び投影システムを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]実施形態の投影システム１００の一例を示す図である。

[図2]第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂの一例を示す図である。

[図3]投影部１の内部構成の一例を示す模式図である。

[図4]投影装置１０の外観構成を示す模式図である。

[図5]図４に示す投影装置１０の光学ユニット１０６の断面模式図である。

[図6]コンピュータ５０のハードウェア構成の一例を示す図である。

[図7]コンピュータ５０による制御の一例を示すフローチャートである。

[図8]第１投影装置１０ａによるテスト画像の投影の一例を示す図である。

[図9]第２投影装置１０ｂによるテスト画像の投影の一例を示す図である。

[図10]第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂによるマーカー画像の投影の一例を示す図である。

[図11]スタック投影のための投影位置の調整の一例を示す図である。

[図12]ブレンディング投影のための投影位置の調整前の状態の一例を示す図である。

[図13]ブレンディング投影のための投影位置の調整の一例を示す図である。

[図14]コンピュータ５０によるマーカー再探索範囲の最適化処理の一例を示すフローチャートである。

[図15]マーカー再探索範囲の最適化の一例を説明するための図である。

[図16]コンピュータ５０によるマーカー配置の最適化処理の一例を示すフローチャートである。

[図17]マーカー配置の最適化の一例を説明するための図（その１）である。

[図18]マーカー配置の最適化の一例を説明するための図（その２）である。

[図19]投影装置１０の他の外観構成を示す模式図である。

[図20]図１９に示した投影装置１０の光学ユニット１０６の断面模式図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、本発明の実施形態の一例について、図面を参照して説明する。

[0014] （実施形態）

＜実施形態の投影システム１００＞

図１は、実施形態の投影システム１００の一例を示す図である。図１に示すように、投影システム１００は、第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂと、コンピュータ５０と、撮像装置３０と、を備える。コンピュータ５０は、本発明における制御装置の一例である。

[0015] コンピュータ５０は、第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂ及び撮像装置３０と通信可能である。図１に示す例では、コンピュータ５０は、通信ケーブル８ａを介して第１投影装置１０ａと接続されており、第１投影装置１０ａと通信可能である。また、コンピュータ５０は、通信ケーブル８ｂを介して第２投影装置１０ｂと接続されており、第２投影装置１０ｂと通信可能である。また、コンピュータ５０は、通信ケーブル９を介して撮像装置３０と接続されており、撮像装置３０と通信可能である。

[0016] 第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂは、投影対象物６に対する投影が可能な投影装置である。撮像装置３０は、第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂによって投影対象物６に投影された画像を撮像可能な撮像装置である。

[0017] 投影対象物６は、第１投影装置１０ａによって投影画像が表示される投影面を有するスクリーンなどの物体である。図１に示す例では、投影対象物６の投影面は矩形の平面である。図１における投影対象物６の上下左右が、実際の投影対象物６の上下左右であるとする。

[0018] 一点鎖線で図示する投影範囲１１ａは、投影対象物６のうち、第１投影装置１０ａにより投影光が照射される領域である。投影範囲１１ａは、第１投影装置１０ａにより投影が可能な投影可能範囲の一部又は全部である。二点鎖線で図示する投影範囲１１ｂは、投影対象物６のうち、第２投影装置１０ｂにより投影光が照射される領域である。投影範囲１１ｂは、第２投影装置１０ｂにより投影が可能な投影可能範囲の一部又は全部である。図１に示す例では、投影範囲１１ａ，１１ｂは矩形である。

[0019] ＜第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂ＞

図２は、第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂの一例を示す図である。第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂのそれぞれは、例えば図２に示す投影装置１０によって構成される。投影装置１０は、投影部１と、制御部４と、操作受付部２と、通信部５と、を備える。投影部１は、例えば液晶プロジェクタ又はＬＣＯＳ（Ｌｉｑｕｉｄ Ｃｒｙｓｔａｌ Ｏｎ Ｓｉｌｉｃｏｎ）を用いたプロジェクタ等によって構成される。以下では、投影部１が液晶プロジェクタであるものとして説明する。

[0020] 制御部４は、投影装置１０による投影の制御を行う。制御部４は、各種のプロセッサにより構成される制御部と、各部と通信するための通信インタフェース（図示省略）と、ハードディスク、ＳＳＤ（Ｓｏｌｉｄ Ｓｔａｔｅ Ｄｒｉｖｅ）、又はＲＯＭ（Ｒｅａｄ Ｏｎｌｙ Ｍｅｍｏｒｙ）等の記憶媒体４ａと、を含む装置であり、投影部１を統括制御する。制御部４の制御部の各種のプロセッサとしては、プログラムを実行して各種処理を行う汎用的なプロセッサであるＣＰＵ（Ｃｅｎｔｒａｌ Ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ Ｕｎｉｔ）、ＦＰＧＡ（Ｆｉｅｌｄ Ｐｒｏｇｒａｍｍａｂｌｅ Ｇａｔｅ Ａｒｒａｙ）等の製造後に回路構成を変更可能なプロセッサであるプログラマブルロジックデバイス（Ｐｒｏｇｒａｍｍａｂｌｅ Ｌｏｇｉｃ Ｄｅｖｉｃｅ：ＰＬＤ）、又はＡＳＩＣ（Ａｐｐｌｉｃａｔｉｏｎ Ｓｐｅｃｉｆｉｃ Ｉｎｔｅｇｒａｔｅｄ Ｃｉｒｃｕｉｔ）等の特定の処理を実行させるために専用に設計された回路構成を有するプロセッサである専用電気回

路等が含まれる。

[0021] これら各種のプロセッサの構造は、より具体的には、半導体素子等の回路素子を組み合わせた電気回路である。制御部４の制御部は、各種のプロセッサのうちの１つで構成されてもよいし、同種又は異種の２つ以上のプロセッサの組み合わせ（例えば、複数のＦＰＧＡの組み合わせ又はＣＰＵとＦＰＧＡの組み合わせ）で構成されてもよい。

[0022] 操作受付部２は、ユーザからの各種の操作を受け付けることにより、ユーザからの指示（ユーザ指示）を検出する。操作受付部２は、制御部４に設けられたボタン、キー、ジョイスティック等であってもよいし、制御部４の遠隔操作を行うリモートコントローラからの信号を受け付ける受信部等であってもよい。

[0023] 通信部５は、コンピュータ５０との間で通信が可能な通信インタフェースである。通信部５は、図１に示したように有線通信を行う有線通信インタフェースであってもよいし、無線通信を行う無線通信インタフェースであってもよい。

[0024] なお、投影部１、制御部４、操作受付部２は、例えば一個の装置により実現される（例えば図４，図５参照）。又は、投影部１、制御部４、及び操作受付部２は、互いに通信を行うことにより連携する、それぞれ別の装置であってもよい。

[0025] ＜投影部１の内部構成＞

図３は、投影部１の内部構成の一例を示す模式図である。図２に示した投影装置１０の投影部１は、図３に示すように、光源２１と、光変調部２２と、投影光学系２３と、制御回路２４と、を備える。光源２１は、レーザ又はＬＥＤ（Ｌｉｇｈｔ　Ｅｍｉｔｔｉｎｇ　Ｄｉｏｄｅ）等の発光素子を含み、例えば白色光を出射する。

[0026] 光変調部２２は、光源２１から出射されて図示省略の色分離機構によって赤、青、緑の３色に分離された各色光を、画像情報に基づいて変調して各色画像を出射する３つの液晶パネル（光変調素子）と、３つの液晶パネルから

出射された各色画像を混合して同一方向に出射するダイクロイックプリズムと、によって構成される。この３つの液晶パネルにそれぞれ赤、青、緑のフィルタを搭載し、光源２１から出射された白色光を、各液晶パネルにて変調して各色画像を出射させてもよい。

[0027] 投影光学系２３は、光源２１及び光変調部２２からの光が入射されるものであり、少なくとも１つのレンズを含む、例えばリレー光学系によって構成されている。投影光学系２３を通過した光は投影対象物６に投影される。

[0028] 投影対象物６のうち、光変調部２２の全範囲を透過する光が照射される領域が、投影部１により投影が可能な投影可能範囲となる。この投影可能範囲のうち、光変調部２２から実際に透過する光が照射される領域が投影部１の投影範囲（投影範囲１１ａ又は投影範囲１１ｂ）となる。例えば、光変調部２２のうち光が透過する領域の大きさ、位置、及び形状を制御することにより、投影可能範囲において、投影部１の投影範囲の大きさ、位置、及び形状が変化する。

[0029] 制御回路２４は、制御部４から入力される表示用データに基づいて、光源２１、光変調部２２、及び投影光学系２３を制御することにより、投影対象物６にこの表示用データに基づく画像を投影させる。制御回路２４に入力される表示用データは、赤表示用データと、青表示用データと、緑表示用データとの３つによって構成される。

[0030] また、制御回路２４は、制御部４から入力される命令に基づいて、投影光学系２３を変化させることにより、投影部１の投影範囲の拡大や縮小を行う。また、制御部４は、操作受付部２によって受け付けられたユーザからの操作に基づいて投影光学系２３を変化させることにより、投影部１の投影範囲の移動を行ってもよい。

[0031] また、投影装置１０は、投影光学系２３のイメージサークルを維持しつつ、投影部１の投影範囲を機械的又は光学的に移動させるシフト機構を備える。投影光学系２３のイメージサークルは、投影光学系２３に入射した投影光が、光量落ち、色分離、周辺湾曲などの点から適正に投影光学系２３を通過

する領域である。

[0032] シフト機構は、光学系シフトを行う光学系シフト機構と、電子シフトを行う電子シフト機構と、の少なくともいずれかにより実現される。

[0033] 光学系シフト機構は、例えば、投影光学系２３を光軸に垂直な方向に移動させる機構（例えば図５，図２０参照）、又は、投影光学系２３を移動させる代わりに光変調部２２を光軸に垂直な方向に移動させる機構である。また、光学系シフト機構は、投影光学系２３の移動と光変調部２２の移動とを組み合わせて行うものであってもよい。

[0034] 電子シフト機構は、光変調部２２において光を透過させる範囲を変化させることによる疑似的な投影範囲のシフトを行う機構である。

[0035] また、第１投影装置１０ａは、投影光学系２３のイメージサークルとともに投影範囲を移動させる投影方向変更機構を備えてもよい。投影方向変更機構は、機械的な回転で投影部１の向きを変更することにより、投影部１の投影方向を変化させる機構である（例えば図２０参照）。

[0036] ＜投影装置１０の機械的構成＞

図４は、投影装置１０の外観構成を示す模式図である。図５は、図４に示す投影装置１０の光学ユニット１０６の断面模式図である。図５は、図４に示した本体部１０１から出射される光の光路に沿った面での断面を示している。

[0037] 図４に示すように、投影装置１０は、本体部１０１と、本体部１０１から突出して設けられた光学ユニット１０６と、を備える。図４に示す構成において、操作受付部２と、制御部４と、投影部１における光源２１、光変調部２２、及び制御回路２４と、通信部５と、は本体部１０１に設けられる。投影部１における投影光学系２３は光学ユニット１０６に設けられる。

[0038] 光学ユニット１０６は、本体部１０１に支持される第１部材１０２を備える。光学ユニット１０６は、本体部１０１に着脱自在に構成（換言すると交換可能に構成）されていてもよい。

[0039] 本体部１０１は、図５に示すように、光学ユニット１０６と連結される部

分に光を通すための開口１５ａが形成された筐体１５を有する。

[0040] 図４に示すように、本体部１０１の筐体１５の内部には、光源２１と、光源２１から出射される光を入力画像データに基づいて空間変調して画像を生成する光変調部２２（図３参照）を含む光変調ユニット１２と、が設けられている。光源２１から出射された光は、光変調ユニット１２の光変調部２２に入射され、光変調部２２によって空間変調されて出射される。

[0041] 図５に示すように、光変調ユニット１２によって空間変調された光によって形成される画像は、筐体１５の開口１５ａを通過して光学ユニット１０６に入射され、投影対象物６に投影されて、画像Ｇ１が観察者から視認可能となる。

[0042] 図５に示すように、光学ユニット１０６は、本体部１０１の内部と繋がる中空部２Ａを有する第１部材１０２と、中空部２Ａに配置された第１光学系１２１と、レンズ３４と、第１シフト機構１０５と、を備える。

[0043] 第１部材１０２は、断面外形が一例として矩形の部材であり、開口２ａと開口２ｂが互いに平行な面に形成されている。第１部材１０２は、本体部１０１の開口１５ａと対面する位置に開口２ａが配置される状態にて、本体部１０１によって支持されている。本体部１０１の光変調ユニット１２の光変調部２２から射出された光は、開口１５ａ及び開口２ａを通って第１部材１０２の中空部２Ａに入射される。

[0044] 本体部１０１から中空部２Ａに入射される光の入射方向を方向Ｘ１と記載し、方向Ｘ１の逆方向を方向Ｘ２と記載し、方向Ｘ１と方向Ｘ２を総称して方向Ｘと記載する。また、図５において、紙面手前から奥に向かう方向とその逆方向を方向Ｚと記載する。方向Ｚのうち、紙面手前から奥に向かう方向を方向Ｚ１と記載し、紙面奥から手前に向かう方向を方向Ｚ２と記載する。

[0045] また、方向Ｘ及び方向Ｚに垂直な方向を方向Ｙと記載し、方向Ｙのうち、図５において上に向かう方向を方向Ｙ１と記載し、図５において下に向かう方向を方向Ｙ２と記載する。図５の例では方向Ｙ２が鉛直方向となるように投影装置１０が配置されている。

[0046] 図３に示した投影光学系２３は、図５の例では第１光学系１２１及びレンズ３４により構成される。図５には、この投影光学系２３の光軸Ｋが示されている。第１光学系１２１及びレンズ３４は、光変調部２２の側からこの順に光軸Ｋに沿って配置されている。

[0047] 第１光学系１２１は、少なくとも１つのレンズを含み、本体部１０１から第１部材１０２に入射された方向Ｘ１に進む光をレンズ３４に導く。

[0048] レンズ３４は、第１部材１０２の方向Ｘ１側の端部に形成された開口２ｂを塞ぐ形でこの端部に配置されている。レンズ３４は、第１光学系１２１から入射された光を投影対象物６に投影する。

[0049] 第１シフト機構１０５は、投影光学系の光軸Ｋ（換言すると光学ユニット１０６）をその光軸Ｋに垂直な方向（図５の方向Ｙ）に移動させるための機構である。具体的には、第１シフト機構１０５は、第１部材１０２の本体部１０１に対する方向Ｙの位置を変更することができるように構成されている。第１シフト機構１０５は、手動にて第１部材１０２を移動させるものの他、電動にて第１部材１０２を移動させるものであってもよい。

[0050] 図５は、第１シフト機構１０５によって第１部材１０２が方向Ｙ１側に最大限移動された状態を示している。この図５に示す状態から、第１シフト機構１０５によって第１部材１０２が方向Ｙ２に移動することで、光変調部２２によって形成される画像の中心（換言すると表示面の中心）と光軸Ｋとの相対位置が変化して、投影対象物６に投影されている画像Ｇ１を方向Ｙ２にシフト（平行移動）させることができる。

[0051] なお、第１シフト機構１０５は、光学ユニット１０６を方向Ｙに移動させる代わりに、光変調部２２を方向Ｙに移動させる機構であってもよい。この場合でも、投影対象物６に投影されている画像Ｇ１を方向Ｙに移動させることができる。

[0052] ＜コンピュータ５０のハードウェア構成＞

図６は、コンピュータ５０のハードウェア構成の一例を示す図である。図１に示したコンピュータ５０は、図５に示すように、プロセッサ５１と、メ

モリ５２と、通信インタフェース５３と、ユーザインタフェース５４と、を備える。プロセッサ５１、メモリ５２、通信インタフェース５３、及びユーザインタフェース５４は、例えばバス５９によって接続される。

[0053] プロセッサ５１は、信号処理を行う回路であり、例えばコンピュータ５０の全体の制御を司るＣＰＵである。なお、プロセッサ５１は、ＦＰＧＡやＤＳＰ（Ｄｉｇｉｔａｌ　Ｓｉｇｎａｌ　Ｐｒｏｃｅｓｓｏｒ）などの他のデジタル回路により実現されてもよい。また、プロセッサ５１は、複数のデジタル回路を組み合わせて実現されてもよい。

[0054] メモリ５２には、例えばメインメモリ及び補助メモリが含まれる。メインメモリは、例えばＲＡＭ（Ｒａｎｄｏｍ　Ａｃｃｅｓｓ　Ｍｅｍｏｒｙ）である。メインメモリは、プロセッサ５１のワークエリアとして使用される。

[0055] 補助メモリは、例えば磁気ディスク、光ディスク、フラッシュメモリなどの不揮発性メモリである。補助メモリには、コンピュータ５０を動作させる各種のプログラムが記憶されている。補助メモリに記憶されたプログラムは、メインメモリにロードされてプロセッサ５１によって実行される。

[0056] また、補助メモリは、コンピュータ５０から取り外し可能な可搬型のメモリを含んでもよい。可搬型のメモリには、ＵＳＢ（Ｕｎｉｖｅｒｓａｌ　Ｓｅｒｉａｌ　Ｂｕｓ）フラッシュドライブやＳＤ（Ｓｅｃｕｒｅ　Ｄｉｇｉｔａｌ）メモリカードなどのメモリカードや、外付けハードディスクドライブなどがある。

[0057] 通信インタフェース５３は、コンピュータ５０の外部（例えば第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂや撮像装置３０）との間で通信を行う通信インタフェースである。通信インタフェース５３は、プロセッサ５１によって制御される。通信インタフェース５３は、有線通信を行う有線通信インタフェースであってもよいし、無線通信を行う無線通信インタフェースであってもよいし、有線通信インタフェース及び無線通信インタフェースの両方を含んでもよい。

[0058] ユーザインタフェース５４は、例えば、ユーザからの操作入力を受け付け

る入力デバイスや、ユーザへ情報を出力する出力デバイスなどを含む。入力デバイスは、例えばポインティングデバイス（例えばマウス）、キー（例えばキーボード）やリモコンなどにより実現することができる。出力デバイスは、例えばディスプレイやスピーカなどにより実現することができる。また、タッチパネルなどによって入力デバイス及び出力デバイスを実現してもよい。ユーザインタフェース５４は、プロセッサ５１によって制御される。

[0059] ＜コンピュータ５０による制御＞

図７は、コンピュータ５０による制御の一例を示すフローチャートである。コンピュータ５０は、例えば図７に示す処理を実行する。予め、第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂが投影する複数のテスト画像が用意される。複数のテスト画像は、色及び画素値（明るさ）の組み合わせが異なるテスト画像である。また、１つのテスト画像には、色及び画素値（明るさ）の組み合わせが異なる複数の領域が含まれていてもよい。第１投影装置１０ａが投影する複数のテスト画像と、第２投影装置１０ｂが投影する複数のテスト画像と、は同一であってもよいし異なっていてもよい。

[0060] まず、コンピュータ５０は、第１投影装置１０ａが投影する複数のテスト画像のそれぞれを対象として、ステップＳ７１，Ｓ７２を繰り返し実行する。すなわち、コンピュータ５０は、第１投影装置１０ａと通信を行うことにより、第１投影装置１０ａから対象のテスト画像を投影させる制御を行う（ステップＳ７１）。第１投影装置１０ａによるテスト画像の投影については後述する（例えば図８参照）。次に、コンピュータ５０は、ステップＳ７１によって投影されたテスト画像を撮像装置３０により撮像させる制御を行う（ステップＳ７２）。

[0061] 次に、コンピュータ５０は、第２投影装置１０ｂが投影する複数のテスト画像のそれぞれを対象として、ステップＳ７３，Ｓ７４を繰り返し実行する。すなわち、コンピュータ５０は、第２投影装置１０ｂと通信を行うことにより、第２投影装置１０ｂから対象のテスト画像を投影させる制御を行う（ステップＳ７３）。第２投影装置１０ｂによるテスト画像の投影については

後述する（例えば図９参照）。次に、コンピュータ５０は、ステップＳ７３によって投影されたテスト画像を撮像装置３０により撮像させる制御を行う（ステップＳ７４）。

[0062] ステップＳ７２，Ｓ７４における、テスト画像を撮像装置３０により撮像させる制御は、例えば、撮像装置３０のユーザに対して、テスト画像の撮像装置３０による撮像を促す制御である。例えば、コンピュータ５０は、テスト画像の撮像装置３０による撮像を促すメッセージを、第１投影装置１０ａ又は第２投影装置１０ｂによる投影や、コンピュータ５０や撮像装置３０による表示又は音声出力などによって出力する制御を行う。

[0063] また、コンピュータ５０は、ステップＳ７２，Ｓ７４による撮像により得られたテスト画像の撮像データを撮像装置３０から受信する。撮像装置３０による撮像データの送信は、撮像装置３０による撮像が行われたことを契機として撮像装置３０が自動的に行われてもよいし、撮像装置３０による撮像後のユーザ操作によって行われてもよい。また、撮像装置３０による撮像データの送信は、ステップＳ７１，Ｓ７２やステップＳ７３，Ｓ７４が実行される毎に行われてもよいし、ステップＳ７１，Ｓ７２の繰り返し処理とステップＳ７３，Ｓ７４の繰り返し処理とが実行されてからまとめて行われてもよい。

[0064] 次に、コンピュータ５０は、撮像装置３０から受信した各テスト画像の撮像データに基づいて、第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂが投影する、互いに色が異なるマーカーを生成する（ステップＳ７５）。各テスト画像の撮像データに基づくマーカーの生成については後述する。図７に示す処理の開始からステップＳ７５までの処理を、マーカー生成処理７０と称する。

[0065] 次に、コンピュータ５０は、第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂと通信を行うことにより、第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂから、ステップＳ７５によって生成したマーカーを含むマーカー画像を同時に投影対象物６に投影させる制御を行う（ステップＳ７６）。第１投影装置１０

ａ及び第２投影装置１０ｂによるマーカー画像の投影については後述する（例えば図１０，図１２参照）。

[0066] 次に、コンピュータ５０は、ステップＳ７６によって投影されたマーカー画像を撮像装置３０により撮像させる制御を行う（ステップＳ７７）。ステップＳ７７における、マーカー画像を撮像装置３０により撮像させる制御は、ステップＳ７２，Ｓ７４における、テスト画像を撮像装置３０により撮像させる制御と同様である。また、コンピュータ５０は、ステップＳ７７による撮像により得られたマーカー画像の撮像データを撮像装置３０から受信する。撮像装置３０による撮像データの送信は、撮像装置３０による撮像が行われたことを契機として撮像装置３０が自動的に行われてもよいし、撮像装置３０による撮像後のユーザ操作によって行われてもよい。

[0067] 次に、コンピュータ５０は、撮像装置３０から受信したマーカー画像の撮像データに基づいて、第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂの相対的な投影位置を調整する制御を行い（ステップＳ７８）、一連の処理を終了する。第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂの相対的な投影位置の調整については後述する（例えば図１１，図１３参照）。

[0068] 図７の例では、テスト画像を変更しながら第１投影装置１０ａによる投影と撮像装置３０による撮像を繰り返し行った後に、テスト画像を変更しながら第２投影装置１０ｂによる投影と撮像装置３０による撮像を繰り返し行う処理について説明したが、このような処理に限らない。例えば、第１投影装置１０ａによる投影と撮像装置３０による撮像を１回行った後に第２投影装置１０ｂによる投影と撮像装置３０による撮像を１回行う動作を、テスト画像を変更しながら繰り返し行う処理としてもよい。

[0069] ＜第１投影装置１０ａによるテスト画像の投影＞

図８は、第１投影装置１０ａによるテスト画像の投影の一例を示す図である。まず、コンピュータ５０は、第１投影装置１０ａから投影対象物６にテスト画像８０を投影させる制御を行う。

[0070] テスト画像８０は、赤領域８１と、緑領域８２と、青領域８３と、を含む

。赤領域８１は、画素値（Ｒ，Ｇ，Ｂ）＝（ｒ１，０，０）の矩形領域である。緑領域８２は、画素値（Ｒ，Ｇ，Ｂ）＝（０，ｇ１，０）の矩形領域である。青領域８３は、画素値（Ｒ，Ｇ，Ｂ）＝（０，０，ｂ１）の矩形領域である。ｒ１，ｇ１，ｂ１のそれぞれは、例えば０より大きく２５５以下の値である。

[0071] コンピュータ５０は、投影対象物６に投影されたテスト画像８０を撮像装置３０に撮像させ、撮像により得られたテスト画像８０の撮像データを撮像装置３０から受信する制御を行う。

[0072] また、コンピュータ５０は、得られたテスト画像８０の撮像データから、画像認識（輪郭抽出等）によって赤領域８１、緑領域８２、及び青領域８３を検出する。このときは第１投影装置１０ａが単体で投影を行っているため、撮像データには第２投影装置１０ｂからの投影画像が含まれておらず、赤領域８１、緑領域８２、及び青領域８３の検出は高精度に行うことができる。

[0073] また、コンピュータ５０は、テスト画像８０の撮像データを、赤成分（Ｒ成分）、緑成分（Ｇ成分）、及び青成分（Ｂ成分）に色分離する。

[0074] そして、コンピュータ５０は、テスト画像８０の撮像データの赤成分の赤領域８１の画素値$O^{P1}{}_{R|r1}$を取得する。ある領域の画素値とは、例えばその領域の各画素の画素値の平均値や中央値である。画素値$O^{P1}{}_{R|r1}$は、第１投影装置１０ａが画素値（Ｒ，Ｇ，Ｂ）＝（ｒ１，０，０）で投影した赤領域８１の撮像データの赤成分の画素値である。

[0075] また、コンピュータ５０は、テスト画像８０の撮像データの赤成分の緑領域８２の画素値$O^{P1}{}_{R|g1}$を取得する。画素値$O^{P1}{}_{R|g1}$は、第１投影装置１０ａが画素値（Ｒ，Ｇ，Ｂ）＝（０，ｇ１，０）で投影した緑領域８２の撮像データの赤成分の画素値である。

[0076] また、コンピュータ５０は、テスト画像８０の撮像データの赤成分の青領域８３の画素値$O^{P1}{}_{R|b1}$を取得する。画素値$O^{P1}{}_{R|b1}$は、第１投影装置１０ａが画素値（Ｒ，Ｇ，Ｂ）＝（０，０，ｂ１）で投影した青領域８３の撮

像データの赤成分の画素値である。

[0077] 同様に、コンピュータ５０は、テスト画像８０の撮像データの緑成分の赤領域８１の画素値$O^{P1}{}_{G|r1}$を取得する。また、コンピュータ５０は、テスト画像８０の撮像データの緑成分の緑領域８２の画素値$O^{P1}{}_{G|g1}$を取得する。また、コンピュータ５０は、テスト画像８０の撮像データの緑成分の青領域８３の画素値$O^{P1}{}_{G|b1}$を取得する。

[0078] 同様に、コンピュータ５０は、テスト画像８０の撮像データの青成分の赤領域８１の画素値$O^{P1}{}_{B|r1}$を取得する。また、コンピュータ５０は、テスト画像８０の撮像データの青成分の緑領域８２の画素値$O^{P1}{}_{B|g1}$を取得する。また、コンピュータ５０は、テスト画像８０の撮像データの青成分の青領域８３の画素値$O^{P1}{}_{B|b1}$を取得する。

[0079] コンピュータ５０は、図８について説明した上記の処理を、ｒ１，ｇ１，ｂ１の各値の複数の組み合わせについて行う。すなわち、コンピュータ５０は、ｒ１，ｇ１，ｂ１の各値の組み合わせ、換言すると赤領域８１、緑領域８２及び青領域８３の各画素値を変えながら、第１投影装置１０ａによるテスト画像８０の投影と、投影されたテスト画像８０の撮像装置３０による撮像と、撮像により得られた撮像データに基づく上記の各画素値の取得と、を行う。

[0080] このように、コンピュータ５０は、第１投影装置１０ａから、画素値が異なる複数のテスト画像８０を異なるタイミングで投影させる。これにより、第１投影装置１０ａが投影するマーカーの複数の画素値（明るさ）について、第１投影装置１０ａが投影したマーカーを撮像して得られる撮像データにおける各色成分の画素値を取得することができる。

[0081] ここでは複数の色領域（赤領域８１、緑領域８２、青領域８３）を含み画素値が異なる複数のテスト画像８０を異なるタイミングで投影させる場合について説明したが、コンピュータ５０は、複数の画素値の領域を含み色が異なる複数のテスト画像８０を異なるタイミングで投影させるようにしてもよい。例えば、コンピュータ５０は、まず、画素値（Ｒ，Ｇ，Ｂ）＝（２００

，０，０）の赤領域、画素値（Ｒ，Ｇ，Ｂ）＝（２３０，０，０）の赤領域、及び画素値（Ｒ，Ｇ，Ｂ）＝（２５０，０，０）の赤領域を含むテスト画像８０を投影させ、次に、画素値（Ｒ，Ｇ，Ｂ）＝（０，２００，０）の緑領域、画素値（Ｒ，Ｇ，Ｂ）＝（０，２３０，０）の緑領域、及び画素値（Ｒ，Ｇ，Ｂ）＝（０，２５０，０）の緑領域を含むテスト画像８０を投影させ、次に画素値（Ｒ，Ｇ，Ｂ）＝（０，０，２００）の青領域、画素値（Ｒ，Ｇ，Ｂ）＝（０，０，２３０）の青領域、及び画素値（Ｒ，Ｇ，Ｂ）＝（０，０，２５０）の青領域を含むテスト画像８０を投影させてもよい。

[0082] すなわち、コンピュータ５０は、第１投影装置１０ａから、画素値及び色の組み合わせが異なる複数のテスト画像８０を異なるタイミングで投影させる。これにより、第１投影装置１０ａが投影するマーカーの画素値及び色の複数の組み合わせについて、第１投影装置１０ａが投影したマーカーを撮像して得られる撮像データにおける各色成分の画素値を取得することができる。

[0083] また、コンピュータ５０は、画素値及び色の組み合わせの全ての領域を含むテスト画像８０を第１投影装置１０ａから投影させてもよい。これにより、第１投影装置１０ａからテスト画像８０を一回投影させ、撮像装置３０によりテスト画像８０を一回撮像するだけで、第１投影装置１０ａが投影するマーカーの画素値及び色の全ての組み合わせについて、第１投影装置１０ａが投影したマーカーを撮像して得られる撮像データにおける各色成分の画素値を取得することができる。

[0084] ＜第２投影装置１０ｂによるテスト画像の投影＞

図９は、第２投影装置１０ｂによるテスト画像の投影の一例を示す図である。まず、コンピュータ５０は、第２投影装置１０ｂから投影対象物６にテスト画像９０を投影させる制御を行う。

[0085] テスト画像９０は、赤領域９１と、緑領域９２と、青領域９３と、を含む。赤領域９１は、画素値（Ｒ，Ｇ，Ｂ）＝（ｒ２，０，０）の矩形領域である。緑領域９２は、画素値（Ｒ，Ｇ，Ｂ）＝（０，ｇ２，０）の矩形領域で

ある。青領域９３は、画素値（Ｒ，Ｇ，Ｂ）＝（０，０，ｂ２）の矩形領域である。ｒ２，ｇ２，ｂ２のそれぞれは、例えば０より大きく２５５以下の値である。

[0086] コンピュータ５０は、投影対象物６に投影されたテスト画像９０を撮像装置３０に撮像させ、撮像により得られたテスト画像９０の撮像データを撮像装置３０から受信する制御を行う。

[0087] また、コンピュータ５０は、得られたテスト画像９０の撮像データから、画像認識（輪郭抽出等）によって赤領域９１、緑領域９２、及び青領域９３を検出する。このときは第２投影装置１０ｂが単体で投影を行っているため、撮像データには第１投影装置１０ａからの投影画像が含まれておらず、赤領域９１、緑領域９２、及び青領域９３の検出は高精度に行うことができる。

[0088] また、コンピュータ５０は、テスト画像９０の撮像データを、赤成分（Ｒ成分）、緑成分（Ｇ成分）、及び青成分（Ｂ成分）に色分離する。

[0089] そして、コンピュータ５０は、テスト画像９０の撮像データの赤成分の赤領域９１の画素値$O^{P2}{}_{R|r2}$を取得する。画素値$O^{P2}{}_{R|r2}$は、第２投影装置１０ｂが画素値（Ｒ，Ｇ，Ｂ）＝（ｒ２，０，０）で投影した赤領域９１の撮像データの赤成分の画素値である。

[0090] また、コンピュータ５０は、テスト画像９０の撮像データの赤成分の緑領域９２の画素値$O^{P2}{}_{R|g2}$を取得する。画素値$O^{P2}{}_{R|g2}$は、第２投影装置１０ｂが画素値（Ｒ，Ｇ，Ｂ）＝（０，ｇ２，０）で投影した緑領域９２の撮像データの赤成分の画素値である。

[0091] また、コンピュータ５０は、テスト画像９０の撮像データの赤成分の青領域９３の画素値$O^{P2}{}_{R|b2}$を取得する。画素値$O^{P2}{}_{R|b2}$は、第２投影装置１０ｂが画素値（Ｒ，Ｇ，Ｂ）＝（０，０，ｂ２）で投影した青領域９３の撮像データの赤成分の画素値である。

[0092] 同様に、コンピュータ５０は、テスト画像９０の撮像データの緑成分の赤領域９１の画素値$O^{P2}{}_{G|r2}$を取得する。また、コンピュータ５０は、テスト

画像９０の撮像データの緑成分の緑領域９２の画素値$O^{P2}{}_{G|g2}$を取得する。また、コンピュータ５０は、テスト画像９０の撮像データの緑成分の青領域９３の画素値$O^{P2}{}_{G|b2}$を取得する。

[0093] 同様に、コンピュータ５０は、テスト画像９０の撮像データの青成分の赤領域９１の画素値$O^{P2}{}_{B|r2}$を取得する。また、コンピュータ５０は、テスト画像９０の撮像データの青成分の緑領域９２の画素値$O^{P2}{}_{B|g2}$を取得する。また、コンピュータ５０は、テスト画像９０の撮像データの青成分の青領域９３の画素値$O^{P2}{}_{B|b2}$を取得する。

[0094] コンピュータ５０は、図９について説明した上記の処理を、ｒ２，ｇ２，ｂ２の各値の複数の組み合わせについて行う。すなわち、コンピュータ５０は、ｒ２，ｇ２，ｂ２の各値の組み合わせ、換言すると赤領域９１、緑領域９２及び青領域９３の各画素値を変えながら、第２投影装置１０ｂによるテスト画像９０の投影と、投影されたテスト画像９０の撮像装置３０による撮像と、撮像により得られた撮像データに基づく上記の各画素値の取得と、を行う。

[0095] このように、コンピュータ５０は、第２投影装置１０ｂから、画素値が異なる複数のテスト画像９０を異なるタイミングで投影させる。これにより、第２投影装置１０ｂが投影するマーカーの複数の画素値（明るさ）について、第２投影装置１０ｂが投影したマーカーを撮像して得られる撮像データにおける各色成分の画素値を取得することができる。

[0096] ここでは複数の色領域（赤領域９１、緑領域９２、青領域９３）を含み画素値が異なる複数のテスト画像９０を異なるタイミングで投影させる場合について説明したが、コンピュータ５０は、複数の画素値の領域を含み色が異なる複数のテスト画像９０を異なるタイミングで投影させるようにしてもよい。例えば、コンピュータ５０は、まず、画素値（Ｒ，Ｇ，Ｂ）＝（２００，０，０）の赤領域、画素値（Ｒ，Ｇ，Ｂ）＝（２３０，０，０）の赤領域、及び画素値（Ｒ，Ｇ，Ｂ）＝（２５０，０，０）の赤領域を含むテスト画像９０を投影させ、次に、画素値（Ｒ，Ｇ，Ｂ）＝（０，２００，０）の緑

領域、画素値（Ｒ，Ｇ，Ｂ）＝（０，２３０，０）の緑領域、及び画素値（Ｒ，Ｇ，Ｂ）＝（０，２５０，０）の緑領域を含むテスト画像９０を投影させ、次に画素値（Ｒ，Ｇ，Ｂ）＝（０，０，２００）の青領域、画素値（Ｒ，Ｇ，Ｂ）＝（０，０，２３０）の青領域、及び画素値（Ｒ，Ｇ，Ｂ）＝（０，０，２５０）の青領域を含むテスト画像９０を投影させてもよい。

[0097] すなわち、コンピュータ５０は、第２投影装置１０ｂから、画素値及び色の組み合わせが異なる複数のテスト画像９０を異なるタイミングで投影させる。これにより、第２投影装置１０ｂが投影するマーカーの画素値及び色の複数の組み合わせについて、第２投影装置１０ｂが投影したマーカーを撮像して得られる撮像データにおける各色成分の画素値を取得することができる。

[0098] また、コンピュータ５０は、画素値及び色の組み合わせの全ての領域を含むテスト画像８０を第１投影装置１０ａから投影させてもよい。これにより、第１投影装置１０ａからテスト画像８０を一回投影させ、撮像装置３０によりテスト画像８０を一回撮像するだけで、第１投影装置１０ａが投影するマーカーの画素値及び色の全ての組み合わせについて、第１投影装置１０ａが投影したマーカーを撮像して得られる撮像データにおける各色成分の画素値を取得することができる。

[0099] ＜テスト画像８０，９０の撮像データに基づくマーカーの生成＞

コンピュータ５０は、第１投影装置１０ａが投影するマーカーの色と、第１投影装置１０ａが投影するマーカーの画素値と、第２投影装置１０ｂが投影するマーカーの色と、第２投影装置１０ｂが投影するマーカーの画素値と、の複数の組み合わせの中から、所定条件を満たしつつ評価値が最高となる組み合わせを導出する。

[0100] 例えば、第１投影装置１０ａが投影するマーカーの画素値を（Ｒ，Ｇ，Ｂ）＝（ｒ１，ｇ１，ｂ１）とし、第２投影装置１０ｂが投影するマーカーの画素値を（Ｒ，Ｇ，Ｂ）＝（ｒ２，ｇ２，ｂ２）とすると、上記の組み合わせは（ｒ１，ｇ１，ｂ１，ｒ２，ｇ２，ｂ２）の組み合わせによって表すこ

とができる。ただし、ｒ１，ｇ１，ｂ１のうち、１つの値のみが０より大きく２５５以下の値であり、残りの値は０である。また、ｒ２，ｇ２，ｂ２のうち、１つの値のみが０より大きく２５５以下の値であり、残りの値は０である。

[0101] 例えば、（ｒ１，ｇ１，ｂ１，ｒ２，ｇ２，ｂ２）＝（２５５，０，０，０，２５５，０）の組み合わせは、第１投影装置１０ａが画素値（Ｒ，Ｇ，Ｂ）＝（２５５，０，０）の赤マーカーを投影し、第２投影装置１０ｂが画素値（Ｒ，Ｇ，Ｂ）＝（０，２５５，０）の緑マーカーを投影する組み合わせを示す。

[0102] まず、第１投影装置１０ａが画素値（Ｒ，Ｇ，Ｂ）＝（ｒ１，０，０）の赤マーカーを投影し、第２投影装置１０ｂが画素値（Ｒ，Ｇ，Ｂ）＝（０，０，ｂ２）の青マーカーを投影する場合の評価値E_{RG}（ｒ１，ｂ２）について説明する。

[0103] 下記（１）式及び下記（２）式は、第１投影装置１０ａが赤マーカーを投影し、第２投影装置１０ｂが青マーカーを投影することに基づく前提条件である。

[0104] $$O^{P1}{}_{R|r1} > O^{P2}{}_{R|b2} \quad \cdots (1)$$

$$O^{P2}{}_{B|b2} > O^{P1}{}_{B|r1} \quad \cdots (2)$$

[0105] 下記（３）式は、第１投影装置１０ａが投影する赤マーカーの撮像データにおける赤成分の画素値と、第２投影装置１０ｂが投影する青マーカーの撮像データにおける赤成分の画素値と、の合計が、撮像装置３０による撮像の最大画素値（２５５）以下となるための条件である。下記（４）式は、第２投影装置１０ｂが投影する青マーカーの撮像データにおける青成分の画素値と、第１投影装置１０ａが投影する赤マーカーの撮像データにおける青成分の画素値と、の合計が、撮像装置３０による撮像の最大画素値（２５５）以下となるための条件である。

[0106] $$O^{P1}{}_{R|r1} + O^{P2}{}_{R|b2} \leqq ２５５ \quad \cdots (3)$$

$$O^{P2}{}_{B|b2} + O^{P1}{}_{B|r1} \leqq ２５５ \quad \cdots (4)$$

[0107] 下記（５）式の評価値E_{RG}（ｒ１，ｂ２）は、第１投影装置１０ａが投影する赤マーカーの撮像データにおける赤成分の画素値と第２投影装置１０ｂが投影する青マーカーの撮像データにおける赤成分の画素値との差異（赤成分のレンジ）と、第２投影装置１０ｂが投影する青マーカーの撮像データにおける青成分の画素値と第１投影装置１０ａが投影する赤マーカーの撮像データにおける青成分の画素値との差異（青成分のレンジ）と、の合計である。

[0108] $E_{RG}(r1, b2) = (O^{P1}{}_{R|r1} - O^{P2}{}_{R|b2}) + (O^{P2}{}_{B|b2} - O^{P1}{}_{B|r1})$ …（５）

[0109] コンピュータ５０は、ｒ１，ｂ２の複数の組み合わせの中から、上記（１）式～（４）式を満たし、かつ下記（５）式に示す評価値E_{RG}（ｒ１，ｂ２）が最大となるｒ１，ｂ２の組み合わせを導出する。

[0110] これにより、第１投影装置１０ａが投影する赤マーカーと、第２投影装置１０ｂが投影する青マーカーと、が重複した場合に、重複部分の撮像データにおける画素値の飽和を抑制しつつ、重複部分における赤マーカー及び青マーカーの分離抽出が容易なｒ１，ｂ２の組み合わせを導出することができる。

[0111] すなわち、例えば第１投影装置１０ａが赤マーカーを投影し、第２投影装置１０ｂが青マーカーを投影する場合、撮像データからの各マーカーの検出のために、画素値（Ｒ，Ｇ，Ｂ）＝（２５５，０，０）の赤マーカー及び画素値（Ｒ，Ｇ，Ｂ）＝（０，０，２５５）の青マーカーを用いることが最適とは限らない。例えば、第１投影装置１０ａが画素値（Ｒ，Ｇ，Ｂ）＝（２５５，０，０）の画像を投影しても、第１投影装置１０ａの光学系、投影対象物６の特性、撮像装置３０による撮像特性、環境光などの要因によって、得られる撮像データに緑成分や青成分が生じ、画素値（Ｒ，Ｇ，Ｂ）＝（２５５，０，０）の撮像データになるとは限らない。同様に、第２投影装置１０ｂが画素値（Ｒ，Ｇ，Ｂ）＝（０，０，２５５）の画像を投影しても、得られる撮像データが画素値（Ｒ，Ｇ，Ｂ）＝（０，０，２５５）の撮像デー

タになるとは限らない。これに対して、コンピュータ５０は、第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂが各特性（色及び画素値）の組み合わせの画像を投影した場合に得られる撮像データの特性の実測値に基づいて、第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂが投影する最適なマーカーの特性を導出する。

[0112] なお、上記（５）式について、赤成分のレンジ（$O^{P1}_{R|r1}-O^{P2}_{R|b2}$）と青成分のレンジ（$O^{P2}_{B|b2}-O^{P1}_{B|r1}$）との合計を評価値$E_{RG}$とする場合について説明したが、評価値$E_{RG}$はこれに限らない。例えば、評価値$E_{RG}$として、赤成分のレンジと青成分のレンジとの平均値、最小値、積（積を正規化したものも含む）など、各種の代表値を用いることができる。例えば赤成分のレンジと青成分のレンジとの最小値を評価値E_{RG}とし、この評価値E_{RG}が最大となるｒ１，ｂ２の組み合わせを導出することで、赤マーカー及び青マーカーの一方は分離抽出しやすいが他方は分離抽出しにくくなるｒ１，ｂ２の組み合わせが導出されることを回避することができる。

[0113] また、コンピュータ５０は、更に下記（６）式の条件も満たすｒ１，ｂ２の複数の組み合わせの中から、上記（１）式～（４）式を満たし、かつ上記（５）式に示す評価値E_{RG}（ｒ１，ｂ２）が最大となるｒ１，ｂ２の組み合わせを導出してもよい。これにより、評価対象のｒ１，ｂ２の組み合わせの数を絞り込み、計算量を低減することができる。

[0114] ２００≦ｒ１≦２５５

２００≦ｂ２≦２５５ …（６）

[0115] また、コンピュータ５０は、第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂが投影する各マーカーの色の他の組み合わせについても同様に、第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂが投影する各マーカーの画素値の組み合わせを導出する。そして、コンピュータ５０は、導出したマーカーの色及び画素値の組み合わせの中で評価値が最大となる組み合わせを、第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂが投影する各マーカーの色及び画素値の組み合わせとして決定する。

[0116] 換言すると、コンピュータ５０は、上記の（ｒ１，ｇ１，ｂ１，ｒ２，ｇ２，ｂ２）の複数の組み合わせの中から、所定条件を満たし、かつ評価値が最大になる組み合わせを導出する。例えば、（ｒ１，ｇ１，ｂ１，ｒ２，ｇ２，ｂ２）＝（２５０，０，０，０，２４５，０）の組み合わせにおいて、所定条件を満たし、かつ評価値が最大になったとする。この場合に、コンピュータ５０は、第１投影装置１０ａが投影するマーカーとして、画素値（Ｒ，Ｇ，Ｂ）＝（２５０，０，０）の赤マーカーを生成する。また、コンピュータ５０は、第２投影装置１０ｂが投影するマーカーとして、画素値（Ｒ，Ｇ，Ｂ）＝（０，２４５，０）の緑マーカーを生成する。

[0117] このように、コンピュータ５０は、テスト画像８０，９０の撮像データに含まれる特定色の画素値の合計に基づいて、例えば上記（３）式及び（４）式を満たすように、第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂが投影するマーカーの画素値及び色の少なくとも１以上を設定する。

[0118] また、コンピュータ５０は、テスト画像８０，９０の撮像データに含まれる特定色の画素値の差の大きさに基づいて、例えば上記（５）式等による評価値が最大となるように、第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂが投影するマーカーの画素値及び色の少なくとも１以上を設定する。

[0119] ＜第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂによるマーカー画像の投影＞

図１０は、第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂによるマーカー画像の投影の一例を示す図である。コンピュータ５０は、第１投影装置１０ａからのマーカー画像１１０ａと、第２投影装置１０ｂからのマーカー画像１１０ｂと、を投影対象物６に同時に投影させる制御を行う。なお、マーカー画像１１０ａ，１１０ｂを同時に投影させるとは、マーカー画像１１０ａが投影されている期間と、マーカー画像１１０ｂが投影されている期間と、の重複期間が存在することを意味する。マーカー画像１１０ａ，１１０ｂの撮像は、この重複期間において行われる。

[0120] マーカー画像１１０ａは、第１投影装置１０ａが投影するマーカーとして生成されたマーカー１１１ａを含む画像である。マーカー１１１ａは、図１

０の例では赤マーカーである。マーカー画像１１０ｂは、第２投影装置１０ｂが投影するマーカーとして生成されたマーカー１１１ｂを含む画像である。マーカー１１１ｂは、図１０の例では緑マーカーである。

[0121] マーカー１１１ａ及びマーカー１１１ｂは、画像認識等により認識が容易な所定形状の画像である。マーカー１１１ａ及びマーカー１１１ｂは、図１０の例ではＡｒＵｃｏマーカーである。ただし、マーカー１１１ａ及びマーカー１１１ｂは、ＱＲ（Ｑｕｉｃｋ　Ｒｅｓｐｏｎｓｅ）コード（登録商標）などの他のマーカーであってもよい。また、マーカー１１１ａ及びマーカー１１１ｂは、図１０の例では同一形状のマーカーであるが、互いに異なる形状のマーカーであってもよい。

[0122] コンピュータ５０は、投影対象物６に投影されたマーカー画像１１０ａ，１１０ｂを撮像装置３０に撮像させ、撮像により得られた撮像データを撮像装置３０から受信する制御を行う。そして、コンピュータ５０は、得られた撮像データから、画像認識等によってマーカー１１１ａ及びマーカー１１１ｂを検出する。

[0123] 例えば、コンピュータ５０は、撮像データから、第１投影装置１０ａに投影させたマーカー１１１ａの色（この例では赤）の成分を抽出する。そして、コンピュータ５０は、抽出した成分の各画素の画素値を閾値と比較し、画素値が閾値以上である部分のうち、マーカー１１１ａの元の形状と一致する部分をマーカー１１１ａとして検出する検出処理を行う。また、コンピュータ５０は、マーカー１１１ａが検出できなかった場合は、この閾値を変更して、上記の検出処理を再度行う。

[0124] また、コンピュータ５０は、撮像データから、第２投影装置１０ｂに投影させたマーカー１１１ｂの色（この例では緑）の成分を抽出する。そして、コンピュータ５０は、抽出した成分に基づいて、マーカー１１１ｂを検出する検出処理を行う。マーカー１１１ｂを検出する検出処理は、上記のマーカー１１１ａを検出する検出処理と同様である。

[0125] 図１０の例ではマーカー１１１ａとマーカー１１１ｂは重複していないた

め、この検出は高精度に行うことができる。また、仮にマーカー１１１ａとマーカー１１１ｂが重複していても、上記のように、重複部分における撮像データの画素値の飽和が抑制され、かつ各マーカーの分離抽出が容易なようにマーカー１１１ａ及びマーカー１１１ｂが生成されているため、マーカー１１１ａ及びマーカー１１１ｂを高精度に検出することができる。

[0126] コンピュータ５０は、撮像データにおいてマーカー１１１ａ及びマーカー１１１ｂを検出した各位置に基づいて、第１投影装置１０ａの投影範囲１１ａと第２投影装置１０ｂの投影範囲１１ｂとの現状の相対位置を特定する。

[0127] ＜スタック投影のための投影位置の調整＞

図１１は、スタック投影のための投影位置の調整の一例を示す図である。図１１の例では、第１投影装置１０ａの投影範囲１１ａの全体と第１投影装置１０ａの第２投影装置１０ｂの全体とを重畳させ、第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂから同一の画像を投影することにより、ダイナミックレンジや階調表現の向上を図るスタック投影を行う場合について説明する。

[0128] コンピュータ５０は、特定した第１投影装置１０ａの投影範囲１１ａと第２投影装置１０ｂの投影範囲１１ｂとの現状の相対位置に基づいて、投影範囲１１ａの全体と第２投影装置１０ｂの全体とが重畳されるように、第１投影装置１０ａと第２投影装置１０ｂの相対的な投影位置を調整する。この調整は、例えば第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂの少なくともいずれかのシフト機構（光学系シフト機構や電子シフト機構）を制御することによって行うことができる。

[0129] 例えば、コンピュータ５０は、図１１に示すように、第１投影装置１０ａの投影範囲１１ａを基準として、第２投影装置１０ｂのシフト機構を制御することによって投影範囲１１ｂを調整することにより、投影範囲１１ａの全体と投影範囲１１ｂの全体とを重畳させてスタック投影を可能にする。

[0130] 例えば、電子シフト機構を用いる場合、コンピュータ５０は、投影範囲１１ａに対して投影範囲１１ｂが一致するように投影範囲１１ｂを補正するための変換パラメータを算出する。変換パラメータには、例えば射影変換（ホ

モグラフィー）行列が含まれる。そして、コンピュータ５０は、算出した変換パラメータによって第２投影装置１０ｂの入力画像を補正して第２投影装置１０ｂからの投影を行うことで、投影範囲１１ａに対して投影範囲１１ｂを一致させることができる。

[0131] 第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂによる投影について、第１投影装置１０ａの投影範囲１１ａの全体と第２投影装置１０ｂの投影範囲１１ｂの全体とを重畳させて第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂから同一の画像を投影するスタック投影において投影調整制御を行う場合について説明したが、第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂによる投影について投影調整制御を行う形態はこれに限らない。

[0132] 例えば、第１投影装置１０ａの投影範囲１１ａの端部と第２投影装置１０ｂの投影範囲１１ｂの端部とを重畳させ、大きな画像を分割した分割画像をそれぞれ第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂから投影することにより、投影の大画面化を図るブレンディング投影を行うようにしてもよい。

[0133] ＜ブレンディング投影のための投影位置の調整前の状態＞

図１２は、ブレンディング投影のための投影位置の調整前の状態の一例を示す図である。図１２において、図１２の例では、ブレンディング投影を行うために、投影範囲１１ａの端部と投影範囲１１ｂの端部のみが重畳するように第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂの位置や向きが調整される。

[0134] この場合もスタック投影の場合と同様に、コンピュータ５０は、図７に示したマーカー生成処理７０により生成したマーカー１１１ａ，１１１ｂを含むマーカー画像１１０ａ，１１０ｂを第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂから投影させ、投影されたマーカー画像１１０ａ，１１０ｂを撮像装置３０に撮像させ、撮像により得られた撮像データを撮像装置３０から受信する制御を行う。

[0135] 次に、コンピュータ５０は、得られた撮像データから、画像認識等によってマーカー１１１ａ及びマーカー１１１ｂを検出する。そして、コンピュー

タ５０は、撮像データにおいてマーカー１１１ａ及びマーカー１１１ｂを検出した各位置に基づいて、第１投影装置１０ａの投影範囲１１ａと第２投影装置１０ｂの投影範囲１１ｂとの現状の相対位置を特定する。

[0136] ＜ブレンディング投影のための投影位置の調整＞

図１３は、ブレンディング投影のための投影位置の調整の一例を示す図である。コンピュータ５０は、特定した第１投影装置１０ａの投影範囲１１ａと第２投影装置１０ｂの投影範囲１１ｂとの現状の相対位置に基づいて、投影範囲１１ａの特定領域（例えば右端の一定幅の領域）と第２投影装置１０ｂの特定領域（例えば左端の一定幅の領域）とが重畳されるように、第１投影装置１０ａと第２投影装置１０ｂの相対的な投影位置を調整する。投影範囲１１ａの特定領域と投影範囲１１ｂの特定領域は同じ大きさである。第１投影装置１０ａと第２投影装置１０ｂの相対的な投影位置の調整方法は、スタック投影の場合と同様である。

[0137] また、コンピュータ５０は、投影範囲１１ａ，１１ｂの重畳部分について、第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂからの投影画像の輝度をそれぞれ半分にする等のブレンディング処理を行う。これにより、投影範囲１１ａ，１１ｂの重畳部分のみが明るく表示される等の違和感を低減することができる。

[0138] 図１０～図１３の例では、マーカー画像１１０ａが１つのマーカー１１１ａを含む場合について説明したが、マーカー画像１１０ａは配列された複数のマーカー１１１ａを含んでもよい。また、マーカー画像１１０ｂが１つのマーカー１１１ｂを含む場合について説明したが、マーカー画像１１０ｂは配列された複数のマーカー１１１ａを含んでもよい。

[0139] 以上説明したように、コンピュータ５０は、第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂ（複数の投影装置）からテスト画像８０，９０（第１画像）を異なるタイミングで投影させ、投影されたテスト画像８０，９０の撮像データに基づいて、第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂからマーカー１１１ａ，１１１ｂ（色が異なるマーカー）を含むマーカー画像１１０ａ，

１１０ｂ(第２画像)を同時に投影させる。

[0140] 具体的には、コンピュータ５０は、テスト画像８０，９０（第１画像）の撮像データに基づいて、マーカー画像１１０ａ，１１０ｂ（第２画像）のマーカー１１１ａ，１１１ｂの色や画素値を設定する。なお、マーカー１１１ａ，１１１ｂの色は予め定めれていてもよい。例えばマーカー１１１ａ，１１１ｂの色が予め赤及び緑に定められている場合、コンピュータ５０は、テスト画像８０，９０（第１画像）の撮像データに基づいて、画素値（Ｒ，Ｇ，Ｂ）＝（ｒ１，０，０）のマーカー１１１ａの画素値ｒ１と、画素値（Ｒ，Ｇ，Ｂ）＝（０，ｇ１，０）のマーカー１１１ｂの画素値ｂ１と、を設定する。

[0141] これにより、互いに重複しても検出が容易なマーカー１１１ａ，１１１ｂを生成して同時に投影して撮像することができる。したがって、同時に投影されたマーカー１１１ａ，１１１ｂを撮像して得られた撮像データから、マーカー１１１ａ，１１１ｂを精度よく検出し、その結果に基づいて、第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂの相対的な投影位置を精度よく特定することができる。このため、第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂの相対的な投影位置を精度よく調整することができる。

[0142] また、同時に投影されたマーカー１１１ａ，１１１ｂをまとめて撮像できるため、マーカー１１１ａ，１１１ｂを異なるタイミングで投影して撮像する場合と異なり、撮像装置３０のブレによる影響を受けずに、第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂの相対的な投影位置を精度よく特定することができる。したがって、例えば撮像装置３０による撮像が、三脚や台座を用いない手持ち撮像であっても、第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂの相対的な投影位置を精度よく特定して調整することができる。

[0143] なお、コンピュータ５０は、テスト画像８０，９０（第１画像）の撮像データに基づいて、マーカー１１１ａ，１１１ｂの形状やサイズ（マーカー１１１ａ，１１１ｂの画像）を設定してもよい。

[0144] ＜コンピュータ５０によるマーカー再探索範囲の最適化処理＞

図１４は、コンピュータ５０によるマーカー再探索範囲の最適化処理の一例を示すフローチャートである。コンピュータ５０は、図１４に示す処理を実行してもよい。まず、コンピュータ５０は、図７に示したマーカー生成処理７０を実行する。ここでは、マーカー画像１１０ａは配列された複数のマーカー１１１ａを含み、マーカー画像１１０ｂは配列された複数のマーカー１１１ａを含むとする（例えば図１５参照）。

[0145] 次に、コンピュータ５０は、第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂから、マーカー生成処理７０によって生成したマーカー１１１ａ，１１１ｂを含むマーカー画像１１０ａ，１１０ｂを同時に投影対象物６に投影させる制御を行う（ステップＳ１４０１）。ステップＳ１４０１は図７のステップＳ７６と同様である。次に、コンピュータ５０は、ステップＳ１４０１によって投影されたマーカー画像１１０ａ，１１０ｂを撮像装置３０により撮像させる制御を行う（ステップＳ１４０２）。ステップＳ１４０２は図７のステップＳ７７と同様である。

[0146] 次に、コンピュータ５０は、ステップＳ１４０２により得られた撮像データから第１色成分を抽出する（ステップＳ１４０３）。第１色成分とは、マーカー生成処理７０によって生成された、第１投影装置１０ａが投影するマーカー１１１ａの色の成分である。次に、コンピュータ５０は、ステップＳ１４０３によって抽出した第１色成分から第１投影装置１０ａのマーカーを検出する処理を実行する（ステップＳ１４０４）。

[0147] 次に、コンピュータ５０は、ステップＳ１４０１によって第１投影装置１０ａが投影したマーカー画像１１０ａに含まれる全てのマーカー１１１ａをステップＳ１４０４によって検出できたか否かを判断する（ステップＳ１４０５）。

[0148] ステップＳ１４０５において、全てのマーカー１１１ａを検出できていない場合（ステップＳ１４０５：Ｎｏ）は、コンピュータ５０は、マーカー画像１１０ａのマーカー探索範囲を変更し（ステップＳ１４０６）、ステップＳ１４０４へ戻る。マーカー画像１１０ａのマーカー探索範囲の変更につい

ては後述する（例えば図１５参照）。

[0149] ステップＳ１４０５において、全てのマーカー１１１ａを検出できた場合（ステップＳ１４０５：Ｙｅｓ）は、コンピュータ５０は、ステップＳ１４０２により得られた撮像データから第２色成分を抽出する（ステップＳ１４０７）。第２色成分とは、マーカー生成処理７０によって生成された、第２投影装置１０ｂが投影するマーカー１１１ｂの色の成分である。次に、コンピュータ５０は、ステップＳ１４０７によって抽出した第２色成分から第２投影装置１０ｂのマーカーを検出する処理を実行する（ステップＳ１４０８）。

[0150] 次に、コンピュータ５０は、ステップＳ１４０１によって第２投影装置１０ｂが投影したマーカー画像１１０ｂに含まれる全てのマーカー１１１ｂをステップＳ１４０８によって検出できたか否かを判断する（ステップＳ１４０９）。

[0151] ステップＳ１４０９において、全てのマーカー１１１ｂを検出できていない場合（ステップＳ１４０９：Ｎｏ）は、コンピュータ５０は、マーカー画像１１０ｂのマーカー探索範囲を変更し（ステップＳ１４１０）、ステップＳ１４０８へ戻る。マーカー画像１１０ｂのマーカー探索範囲の変更については後述する（例えば図１５参照）。

[0152] ステップＳ１４０９において、全てのマーカー１１１ｂを検出できた場合（ステップＳ１４０９：Ｙｅｓ）は、コンピュータ５０は、ステップＳ１４０４，Ｓ１４０８によって検出したマーカー１１１ａ，１１１ｂの位置に基づいて、第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂの相対的な投影位置を調整する制御を行い（ステップＳ１４１１）、一連の処理を終了する。ステップＳ１４１１は図７のステップＳ７８と同様である。

[0153] ＜マーカー再探索範囲の最適化＞

図１５は、マーカー再探索範囲の最適化の一例を説明するための図である。図１５において、図１４に示した処理によるマーカー再探索範囲の最適化の具体例について説明する。例えば、図１４に示したステップＳ１４０１に

おいて、図１５に示すように、３×３のマトリクス状に配列された９個のマーカー１１１ａを含むマーカー画像１１０ａが第１投影装置１０ａから投影され、３×３のマトリクス状に配列された９個のマーカー１１１ｂを含むマーカー画像１１０ｂが第２投影装置１０ｂから投影されたとする。

[0154] そして、図１４に示したステップＳ１４０４において、９個のマーカー１１１ａのうち、中央のマーカー１１１ａのみが検出されなかったとする。この場合、コンピュータ５０は、ステップＳ１４０６において、ステップＳ１４０３によって抽出した第１色成分におけるマーカー探索範囲を変更する。

[0155] 例えば、第１色成分における初期のマーカー探索範囲は、第１色成分の全域となっている。これに対して、コンピュータ５０は、検出された８個のマーカー１１１ａの位置に基づいて、検出されなかった中央のマーカー１１１ａの位置を推定する。

[0156] 例えば、９個のマーカー１１１ａはそれぞれ形状が異なるマーカーとなっている。コンピュータ５０は、検出されたマーカー１１１ａの形状に基づいて、９個のマーカー１１１ａのうち、検出されたマーカー１１１ａと検出されなかったマーカー１１１ａとを識別することができる。また、コンピュータ５０は、９個のマーカー１１１ａの位置関係と、検出されたマーカー１１１ａの位置と、に基づいて、検出されなかったマーカー１１１ａの位置を推定する。

[0157] そして、コンピュータ５０は、推定した中央のマーカー１１１ａの位置を含み、かつ変更前のマーカー探索範囲より狭い範囲を、変更後のマーカー探索範囲とする。これにより、マーカー探索範囲を、検出されなかった中央のマーカー１１１ａがあると推定される範囲に限定することができる。

[0158] その後、コンピュータ５０は、ステップＳ１４０４に戻り、第１色成分のうち限定したマーカー探索範囲からマーカー１１１ａを検出する処理を行う。このとき、コンピュータ５０は、例えば、マーカー部分とその他の部分を区別するための閾値を変更しながら、マーカー１１１ａを検出する処理を繰り返し行うことで、検出されなかった中央のマーカー１１１ａも検出するこ

とができる。

[0159] また、図１４に示したステップＳ１４０８において、９個のマーカー１１１ｂのうち、右下のマーカー１１１ｂのみが検出されなかったとする。この場合、コンピュータ５０は、ステップＳ１４１０において、ステップＳ１４０７によって抽出した第２色成分におけるマーカー探索範囲を変更する。

[0160] 例えば、第２色成分における初期のマーカー探索範囲は、第２色成分の全域となっている。これに対して、コンピュータ５０は、検出された８個のマーカー１１１ｂの位置に基づいて、検出されなかった右下のマーカー１１１ｂの位置を推定する。検出されなかったマーカー１１１ｂの位置の推定方法は、検出されなかったマーカー１１１ａの位置の上記の推定方法と同様である。

[0161] そして、コンピュータ５０は、推定した右下のマーカー１１１ｂの位置を含み、かつ変更前のマーカー探索範囲より狭い範囲を、変更後のマーカー探索範囲とする。これにより、マーカー探索範囲を、検出されなかった右下のマーカー１１１ｂがあると推定される範囲に限定することができる。

[0162] その後、コンピュータ５０は、ステップＳ１４０８に戻り、第２色成分のうち限定したマーカー探索範囲からマーカー１１１ｂを検出する処理を行う。このとき、コンピュータ５０は、例えば、マーカー部分とその他の部分を区別するための閾値を変更しながら、マーカー１１１ｂを検出する処理を繰り返し行うことで、検出されなかった右下のマーカー１１１ｂも検出することができる。

[0163] このように、コンピュータ５０は、マーカー画像１１０ａの撮像データから、複数のマーカー１１１ａのうち一部のマーカー１１１ａのみを検出した場合、その一部のマーカー１１１ａの位置に基づいて残余のマーカー１１１ａの位置を推定した結果に基づいて、マーカー画像１１０ａの撮像データから残余のマーカー１１１ａを検出してもよい。

[0164] また、コンピュータ５０は、マーカー画像１１０ｂの撮像データから、複数のマーカー１１１ｂのうち一部のマーカー１１１ｂのみを検出した場合、

その一部のマーカー１１１ｂの位置に基づいて残余のマーカー１１１ｂの位置を推定した結果に基づいて、マーカー画像１１０ａの撮像データから残余のマーカー１１１ｂを検出してもよい。

[0165] これにより、一度目の検出処理によって検出できなかったマーカー１１１ａ，１１１ｂについて、マーカー探索範囲を限定して再度検出処理を行って検出することが可能になる。このため、第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂの相対的な投影位置を精度よく特定して調整することができる。

[0166] ＜コンピュータ５０によるマーカー配置の最適化処理＞

図１６は、コンピュータ５０によるマーカー配置の最適化処理の一例を示すフローチャートである。コンピュータ５０は、図１６に示す処理を実行してもよい。まず、コンピュータ５０は、図７に示したマーカー生成処理７０を実行する。ここでは、マーカー画像１１０ａは配列された複数のマーカー１１１ａを含み、マーカー画像１１０ｂは配列された複数のマーカー１１１ａを含むとする（例えば図１６参照）。

[0167] 図１６に示すステップＳ１６１～Ｓ１６６は、図１４に示したステップＳ１４０１～Ｓ１４０４，Ｓ１４０７，Ｓ１４０８と同様である。ステップＳ１６６の次に、コンピュータ５０は、ステップＳ１６４，Ｓ１６６によって全てのマーカー１１１ａ，１１１ｂを検出できたか否かを判断する（ステップＳ１６７）。

[0168] ステップＳ１６７において、全てのマーカー１１１ａ，１１１ｂを検出できていない場合（ステップＳ１６７：Ｎｏ）は、コンピュータ５０は、マーカー配置の変更を行い（ステップＳ１６８）、ステップＳ１６１へ戻る。マーカー配置の変更については後述する（例えば図１７，図１８参照）。

[0169] ステップＳ１６７において、全てのマーカー１１１ａ，１１１ｂを検出できた場合（ステップＳ１６７：Ｙｅｓ）は、コンピュータ５０は、ステップＳ１６４，Ｓ１６６によって検出したマーカー１１１ａ，１１１ｂの位置に基づいて、第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂの相対的な投影位置を調整する制御を行い（ステップＳ１６９）、一連の処理を終了する。ステ

ップＳ１６９は図７のステップＳ７８と同様である。

[0170] ＜マーカー配置の最適化＞

図１７及び図１８は、マーカー配置の最適化の一例を説明するための図である。図１７，図１８において、図１６に示した処理によるマーカー配置の最適化の具体例について説明する。例えば、図１６に示したステップＳ１６１において、図１７に示すように、９個のマーカー１１１ａを含むマーカー画像１１０ａが第１投影装置１０ａから投影され、９個のマーカー１１１ｂを含むマーカー画像１１０ｂが第２投影装置１０ｂから投影されたとする。

[0171] 図１７の例では、９個のマーカー１１１ａと９個のマーカー１１１ｂとの重複部分が大きくなっており、ステップＳ１６４，Ｓ１６６において、マーカー１１１ａ，１１１ｂの少なくともいずれか（例えば全て）が検出されなかったとする。この場合に、コンピュータ５０は、ステップＳ１６８において、マーカー画像１１０ａ，１１０ｂの少なくともいずれかのマーカー配置を変更するマーカー配置の変更を行う。

[0172] 例えば、マーカー画像１１０ａのマーカー配置は、マーカー画像１１０ａにおけるマーカー１１１ａの位置である。同様に、マーカー画像１１０ｂのマーカー配置は、マーカー画像１１０ｂにおけるマーカー１１１ｂの位置である。例えば、マーカー１１１ａのマーカー配置やマーカー画像１１０ｂのマーカー配置は、予め複数通り定められている。

[0173] 例えば、図１８に示すように、コンピュータ５０は、マーカー画像１１０ａのマーカー配置は変更せず、マーカー画像１１０ｂのマーカー配置を変更する。その結果、マーカー画像１１０ｂのマーカー１１１ｂが、図１７の状態から左下にシフトし、マーカー１１１ａとマーカー１１１ｂとの重複部分がなくなり、マーカー１１１ａ，１１１ｂの全てを検出することができる。

[0174] 図１８の例ではマーカー１１１ａとマーカー１１１ｂとの重複部分がなくっているが、マーカー配置の変更を行ってもマーカー１１１ａとマーカー１１１ｂとの重複部分がなくならないこともあり得る。ただし、マーカー１１１ａ及びマーカー１１１ｂは、重複部分における撮像データの画素値の飽和

が抑制され、かつ各マーカーの分離抽出が容易なように生成されているため、マーカー配置の変更によって重複部分が小さくなれば、マーカー１１１ａ，１１１ｂの全てを検出することができる可能性が高い。

[0175] また、コンピュータ５０は、マーカー配置の変更を行ってもマーカー１１１ａ，１１１ｂの全てを検出できない場合は、全てのマーカー１１１ａ，１１１ｂを検出するまでマーカー配置の変更を繰り返す。

[0176] このように、コンピュータ５０は、マーカー画像１１０ａ，１１０ｂの撮像データからのマーカー１１１ａ，１１１ｂの検出結果に基づいて、マーカー１１１ａ，１１１ｂの配置を変更したマーカー画像１１０ａ，１１０ｂを第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂの少なくともいずれかから投影させてもよい。

[0177] これにより、一度目の検出処理によって検出できなかったマーカー１１１ａ，１１１ｂについて、マーカー配置を限定して再度検出処理を行って検出することが可能になる。このため、第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂの相対的な投影位置を精度よく特定して調整することができる。

[0178] また、コンピュータ５０は、マーカー配置の変更に加えて、又はマーカー配置の変更に代えて、マーカー１１１ａ，１１１ｂの画像（例えば形状、大きさ、及び向きの少なくともいずれか）を変更する処理を行ってもよい。

[0179] また、図１４，図１５において説明したマーカー再探索範囲の最適化と、図１６～図１８において説明したマーカー配置の最適化と、を併用してもよい。例えば、コンピュータ５０は、マーカー再探索範囲の最適化を所定回数行っても全てのマーカーを検出できない場合にマーカー配置の最適化を実行するようにしてもよい。具体的には、図１４に示した処理において、ステップＳ１４０４～Ｓ１４０６のループ処理とステップＳ１４０８～Ｓ１４１０のループ処理にループ回数の上限を設け、コンピュータ５０は、ループ回数が上限に達した場合は図１６のステップＳ１６８を実行してステップＳ１４０１へ移行するようにしてもよい。

[0180] ＜変形例１＞

図４，図５においては、投影装置１０の構成として、光軸Ｋを屈曲させない構成について説明したが、光学ユニット１０６に反射部材を設けて光軸Ｋを１回以上屈曲させる構成としてもよい。

[0181] 図１９は、投影装置１０の他の外観構成を示す模式図である。図２０は、図１９に示した投影装置１０の光学ユニット１０６の断面模式図である。図１９，図２０において、図４，図５に示した部分と同様の部分については同一の符号を付して説明を省略する。

[0182] 図１９に示すように、光学ユニット１０６は、本体部１０１に支持される第１部材１０２に加えて、第１部材１０２に支持された第２部材１０３を備える。なお、第１部材１０２と第２部材１０３は一体化された部材であってもよい。

[0183] 図２０に示すように、光学ユニット１０６は、第１部材１０２に加えて、第１部材１０２の中空部２Ａと繋がる中空部３Ａを有する第２部材１０３と、中空部２Ａに配置された第１光学系１２１及び反射部材１２２と、中空部３Ａに配置された第２光学系３１、反射部材３２、第３光学系３３、及びレンズ３４と、第１シフト機構１０５と、投影方向変更機構１０４と、を備える。

[0184] 図１９，図２０の例において、第１部材１０２の開口２ａと開口２ｂは互いに垂直な面に形成されている。また、図１９，図２０に示す投影光学系２３は、図４，図５に示した第１光学系１２１及びレンズ３４に加えて、反射部材１２２、第２光学系３１、反射部材３２、及び第３光学系３３により構成される。このような投影光学系２３により、図２０に示すように、光軸Ｋは、２回屈曲することで折り返される形になる。第１光学系１２１、反射部材１２２、第２光学系３１、反射部材３２、第３光学系３３、及びレンズ３４は、光変調部２２側からこの順に光軸Ｋに沿って配置されている。

[0185] 第１光学系１２１は、本体部１０１から第１部材１０２に入射された方向Ｘ１に進む光を反射部材１２２に導く。反射部材１２２は、第１光学系１２１から入射された光を方向Ｙ１に反射させる。反射部材１２２は、例えばミ

ラー等によって構成される。第１部材１０２には、反射部材１２２にて反射した光の光路上に開口２ｂが形成されており、この反射した光は開口２ｂを通過して第２部材１０３の中空部３Ａへと進む。

[0186] 第２部材１０３は、断面外形が略Ｌ字状の部材であり、第１部材１０２の開口２ｂと対面する位置に開口３ａが形成されている。第１部材１０２の開口２ｂを通過した本体部１０１からの光は、この開口３ａを通って第２部材１０３の中空部３Ａに入射される。なお、第１部材１０２や第２部材１０３の断面外形は任意であり、上記のものには限定されない。

[0187] 第２光学系３１は、少なくとも１つのレンズを含み、第１部材１０２から入射された光を、反射部材３２に導く。反射部材３２は、第２光学系３１から入射される光を方向Ｘ２に反射させて第３光学系３３に導く。反射部材３２は、例えばミラー等によって構成される。第３光学系３３は、少なくとも１つのレンズを含み、反射部材３２にて反射された光をレンズ３４に導く。

[0188] レンズ３４は、第２部材１０３の方向Ｘ２側の端部に形成された開口３ｃを塞ぐ形でこの端部に配置されている。レンズ３４は、第３光学系３３から入射された光を投影対象物６に投影する。

[0189] 図２０は、第１シフト機構１０５によって第１部材１０２が方向Ｙ１側に最大限移動された状態を示している。この図２０に示す状態から、第１シフト機構１０５によって第１部材１０２が方向Ｙ２に移動することで、光変調部２２によって形成される画像の中心と光軸Ｋとの相対位置が変化して、投影対象物６に投影されている画像Ｇ１を方向Ｙ１にシフトさせることができる。

[0190] 投影方向変更機構１０４は、第１部材１０２に対して第２部材１０３を回転自在に連結する回転機構である。この投影方向変更機構１０４によって、第２部材１０３は、方向Ｙに延びる回転軸（具体的には光軸Ｋ）の回りに回転自在に構成されている。なお、投影方向変更機構１０４は、光学系を回転させることができればよく、図２０に示した配置位置に限定されない。また、回転機構の数も１つに限らず、複数設けられていてもよい。

[0191] ＜変形例２＞

本発明の制御装置の一例としてコンピュータ５０を挙げて説明したが、本発明の制御装置はこれに限らない。例えば、本発明の制御装置は、第１投影装置１０ａ又は第２投影装置１０ｂであってもよい。この場合、上記のコンピュータ５０による各制御が第１投影装置１０ａ又は第２投影装置１０ｂによって行われる。第１投影装置１０ａ又は第２投影装置１０ｂは、コンピュータ５０を介して撮像装置３０と通信を行ってもよいし、コンピュータ５０を介さずに撮像装置３０と通信を行ってもよい。第１投影装置１０ａ又は第２投影装置１０ｂがコンピュータ５０を介さずに撮像装置３０と通信を行う場合は、投影システム１００からコンピュータ５０を省いた構成としてもよい。

[0192] 又は、本発明の制御装置は、撮像装置３０であってもよい。この場合、上記のコンピュータ５０による各制御が撮像装置３０によって行われる。撮像装置３０は、コンピュータ５０を介して第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂと通信を行ってもよいし、コンピュータ５０を介さずに第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂと通信を行ってもよい撮像装置３０がコンピュータ５０を介さずに第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂと通信を行う場合は、投影システム１００からコンピュータ５０を省いた構成としてもよい。

[0193] ＜変形例３＞

テスト画像８０の撮像、テスト画像９０の撮像、及びマーカー画像１１０ａ，１１０ｂの撮像を１台の撮像装置３０によって行う場合について説明したが、これらの撮像を異なる撮像装置によって行ってもよい。ただし、この場合、各撮像装置の撮像特性は同一又は類似のものとすることが望ましい。

[0194] ＜変形例４＞

複数の投影装置の例として、第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂを例に挙げて説明したが、複数の投影装置は３つ以上の投影装置（Ｎ個の投影装置とする。）であってもよい。この場合、Ｎ個の投影装置における、投

影範囲が重複又は隣接する２つの投影装置の各組合せについて、上記の第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂと同様に相対的な投影位置の調整を行うことで、Ｎ個の投影装置の相対的な投影位置の調整を行うことができる。

[0195] 又は、Ｎ個の投影装置のそれぞれについて、上記の第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂのテスト画像８０，９０の投影及び撮像と同様にテスト画像の投影及び撮像を行い、次に、Ｎ個の投影装置について、第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂによるマーカー画像１１０ａ，１１０ｂの同時投影及び撮像と同様にマーカー画像の同時投影及び撮像を行うようにしてもよい。この場合、上記の所定条件や評価値は、Ｎ個の投影装置がマーカー画像を同時に投影することを考慮したものとする。

[0196] ＜変形例５＞

第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂが投影するマーカー１１１ａ，１１１ｂの画素値及び色の組み合わせを設定する際に、例えば上記（３）式及び（４）式を満たすｒ１，ｇ１，ｂ１，ｒ２，ｇ２，ｂ２）の組み合わせを導出することで、マーカー１１１ａ，１１１ｂの重複部分における撮像データの画素値の飽和を抑制する方法について説明したが、画素値の飽和を抑制する方法はこのような方法に限らない。

[0197] 例えば、コンピュータ５０は、撮像装置３０によるテスト画像８０，９０の撮像を、複数通りの露出条件で実行させる制御を行ってもよい。この場合、コンピュータ５０は、上記（３）式及び（４）式を満たさない（ｒ１，ｇ１，ｂ１，ｒ２，ｇ２，ｂ２）の組み合わせが存在しない露出条件のうち、最も明るい露出条件を、撮像装置３０の露出条件として設定する。

[0198] 又は、コンピュータ５０は、まず画素値の飽和が発生しやすい、比較的画素値が高いテスト画像８０，９０に限定して第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂから投影させ、上記のように撮像装置３０の露出条件を設定した後、（ｒ１，ｇ１，ｂ１，ｒ２，ｇ２，ｂ２）の各組合せについてのテスト画像８０，９０に限定して第１投影装置１０ａ及び第２投影装置１０ｂか

ら投影させてもよい。

[0199] すなわち、コンピュータ５０は、テスト画像８０，９０の撮像データに含まれる特定色の画素値の合計に基づいて、例えば上記（３）式及び（４）式を満たすように、撮像装置３０の露出条件を設定してもよい。

[0200] コンピュータ５０は、設定した露出条件において取得された各撮像データに基づいて、所定条件（例えば上記（１）式及び（２）式）を満たし、かつ評価値（例えば上記（５）式）が最大となる（ｒ１，ｇ１，ｂ１，ｒ２，ｇ２，ｂ２）の組み合わせを導出する。

[0201] 本明細書には少なくとも以下の事項が記載されている。

[0202] （１）

プロセッサを備える制御装置であって、

上記プロセッサは、

複数の投影装置から第１画像を異なるタイミングで投影させ、

投影された上記第１画像の撮像データに基づいて、上記複数の投影装置のうち少なくとも２以上の投影装置から、色が異なるマーカーを含む第２画像を投影させ、

投影された上記第２画像の撮像データに基づいて、上記複数の投影装置の相対的な投影位置を調整する、

制御を行う制御装置。

[0203] （２）

（１）に記載の制御装置であって、

上記プロセッサは、上記第１画像の撮像データに基づいて、上記第２画像の上記マーカーの画素値を設定する、

制御を行う制御装置。

[0204] （３）

（１）又は（２）に記載の制御装置であって、

上記プロセッサは、上記第１画像の撮像データに基づいて、上記第２画像の上記マーカーの色を設定する、

制御を行う制御装置。

[0205] （４）

（１）又は（２）に記載の制御装置であって、

上記プロセッサは、上記第１画像の撮像データに基づいて、上記第２画像の上記マーカーの画像を設定する、

制御を行う制御装置。

[0206] （５）

（２）から（４）のいずれか１項に記載の制御装置であって、

上記プロセッサは、上記第１画像の撮像データに含まれる特定色の画素値の合計に基づいて、上記第１画像及び上記第２画像を撮像する撮像装置の露出条件を設定する、

制御を行う制御装置。

[0207] （６）

（５）に記載の制御装置であって、

上記複数の投影装置は第１投影装置及び第２投影装置を含み、

上記プロセッサは、

上記第１投影装置が投影した上記第１画像の撮像データに含まれる第１色の画素値と、上記第２投影装置が投影した上記第１画像の撮像データに含まれる上記第１色の画素値と、に基づいて上記露出条件を設定する、

制御を行う制御装置。

[0208] （７）

（６）に記載の制御装置であって、

上記プロセッサは、

上記第１投影装置が投影した上記第１画像の撮像データに含まれる第２色の画素値と、上記第２投影装置が投影した上記第１画像の撮像データに含まれる上記第２色の画素値と、に基づいて上記露出条件を設定する、

制御を行う制御装置。

[0209] （８）

（２）から（４）のいずれか１項に記載の制御装置であって、

上記プロセッサは、上記第１画像の撮像データに含まれる特定色の画素値の合計に基づいて、上記第２画像の上記マーカーの画素値及び色及び画像の少なくとも１以上を設定する、

制御を行う制御装置。

[0210] （９）

（８）に記載の制御装置であって、

上記複数の投影装置は第１投影装置及び第２投影装置を含み、

上記プロセッサは、

上記第１投影装置が投影した上記第１画像の撮像データに含まれる第１色の画素値と、上記第２投影装置が投影した上記第１画像の撮像データに含まれる上記第１色の画素値と、に基づいて上記第２画像の上記マーカーの画素値及び色及び画像の少なくともいずれかを設定する、

制御を行う制御装置。

[0211] （１０）

（９）に記載の制御装置であって、

上記プロセッサは、

上記第１投影装置が投影した上記第１画像の撮像データに含まれる第２色の画素値と、上記第２投影装置が投影した上記第１画像の撮像データに含まれる上記第２色の画素値と、

に基づいて上記第２画像の上記マーカーの画素値及び色及び画像の少なくともいずれかを設定する、

制御を行う制御装置。

[0212] （１１）

（２）から（１０）のいずれか１項に記載の制御装置であって、

上記プロセッサは、上記複数の投影装置から投影された上記第１画像の撮像データに含まれる特定色の画素値の差の大きさに基づいて、上記第２画像の上記マーカーの画素値及び色及び画像の少なくとも１以上を設定する、

制御を行う制御装置。

[0213] （１２）

（１１）に記載の制御装置であって、

上記複数の投影装置は第１投影装置及び第２投影装置を含み、

上記プロセッサは、

上記第１投影装置が投影した上記第１画像の撮像データに含まれる第１色の画素値と、上記第２投影装置が投影した上記第１画像の撮像データに含まれる上記第１色の画素値と、の差の大きさと、

に基づいて上記第２画像の上記マーカーの画素値及び色及び画像の少なく１以上を設定する、

制御を行う制御装置。

[0214] （１３）

（１２）に記載の制御装置であって、

上記第１投影装置が投影した上記第１画像の撮像データに含まれる第２色の画素値と、上記第２投影装置が投影した上記第１画像の撮像データに含まれる上記第２色の画素値と、の差の大きさと、

に基づいて上記第２画像の上記マーカーの画素値及び色及び画像の少なくとも１以上を設定する、

制御を行う制御装置。

[0215] （１４）

（１）から（１３）のいずれか１項に記載の制御装置であって、

上記プロセッサは、上記複数の投影装置から、画素値及び色及び画像の少なくとも１以上が異なる複数の上記第１画像を異なるタイミングで投影させる、

制御を行う制御装置。

[0216] （１５）

（１）から（１４）のいずれか１項に記載の制御装置であって、

上記プロセッサは、

上記複数の投影装置から、画素値及び色及び画像の少なくとも１以上が異なる複数の領域を含む上記第１画像を投影させる、

制御を行う制御装置。

[0217] （１６）

（１）から（１５）のいずれか１項に記載の制御装置であって、

上記プロセッサは、上記第２画像の撮像データから上記マーカーを検出した結果に基づいて、上記複数の投影装置の相対的な投影位置を調整する、

制御を行う制御装置。

[0218] （１７）

（１６）に記載の制御装置であって、

上記第２画像は、複数のマーカーを含み、

上記プロセッサは、上記第２画像の撮像データから上記複数のマーカーのうち一部のマーカーを検出した場合、上記一部のマーカーの位置に基づいて残余のマーカーの位置を推定した結果に基づいて、上記第２画像の撮像データから上記残余のマーカーを検出する、

制御を行う制御装置。

[0219] （１８）

（１６）又は（１７）に記載の制御装置であって、

上記プロセッサは、上記第２画像の撮像データからの上記マーカーの検出結果に基づいて、上記マーカーの配置又は画像を変更した上記第２画像を上記複数の投影装置の少なくともいずれかから投影させる、

制御を行う制御装置。

[0220] （１９）

制御装置が備えるプロセッサが、

複数の投影装置から第１画像を異なるタイミングで投影させ、

投影された上記第１画像の撮像データに基づいて、上記複数の投影装置のうち少なくとも２以上の投影装置から、色が異なるマーカーを含む第２画像を投影させ、

投影された上記第２画像の撮像データに基づいて、上記複数の投影装置の相対的な投影位置を調整する、

制御を行う制御方法。

[0221] （２０）

制御装置が備えるプロセッサに、

複数の投影装置から第１画像を異なるタイミングで投影させ、

投影された上記第１画像の撮像データに基づいて、上記複数の投影装置のうち少なくとも２以上の投影装置から、色が異なるマーカーを含む第２画像を投影させ、

投影された上記第２画像の撮像データに基づいて、上記複数の投影装置の相対的な投影位置を調整する、

制御を実行させるための制御プログラム。

[0222] （２１）

複数の投影装置と、

プロセッサを備える制御装置と、

を含む投影システムであって、

上記プロセッサが、

上記複数の投影装置から第１画像を異なるタイミングで投影させ、

投影された上記第１画像の撮像データに基づいて、上記複数の投影装置のうち少なくとも２以上の投影装置から、色が異なるマーカーを含む第２画像を投影させ、

投影された上記第２画像の撮像データに基づいて、上記複数の投影装置の相対的な投影位置を調整する、

制御を行う投影システム。

[0223] 以上、図面を参照しながら各種の実施の形態について説明したが、本発明はかかる例に限定されないことは言うまでもない。当業者であれば、特許請求の範囲に記載された範疇内において、各種の変更例又は修正例に想到し得ることは明らかであり、それらについても当然に本発明の技術的範囲に属す

るものと了解される。また、発明の趣旨を逸脱しない範囲において、上記実施の形態における各構成要素を任意に組み合わせてもよい。

[0224] なお、本出願は、２０２１年９月２７日出願の日本特許出願（特願２０２１－１５７０９１）に基づくものであり、その内容は本出願の中に参照として援用される。

符号の説明

[0225] １　投影部

２　操作受付部

２Ａ，３Ａ　中空部

２ａ，２ｂ，３ａ，３ｃ，１５ａ　開口

４　制御部

４ａ　記憶媒体

５　通信部

６　投影対象物

８ａ，８ｂ，９　通信ケーブル

１０　投影装置

１０ａ　第１投影装置

１０ｂ　第２投影装置

１１ａ，１１ｂ　投影範囲

１２　光変調ユニット

１５　筐体

２１　光源

２２　光変調部

２３　投影光学系

２４　制御回路

３０　撮像装置

３１　第２光学系

３２，１２２　反射部材

３３　第３光学系

３４　レンズ

５０　コンピュータ

５１　プロセッサ

５２　メモリ

５３　通信インタフェース

５４　ユーザインタフェース

５９　バス

７０　マーカー生成処理

８０，９０　テスト画像

８１，９１　赤領域

８２，９２　緑領域

８３，９３　青領域

１００　投影システム

１０１　本体部

１０２　第１部材

１０３　第２部材

１０４　投影方向変更機構

１０５　第１シフト機構

１０６　光学ユニット

１１１ａ，１１１ｂ　マーカー

１１０ａ，１１０ｂ　マーカー画像

１２１　第１光学系

Ｇ１　画像

請求の範囲

[請求項1] プロセッサを備える制御装置であって、

前記プロセッサは、

複数の投影装置から第１画像を異なるタイミングで投影させ、

投影された前記第１画像の撮像データに基づいて、前記複数の投影装置のうち少なくとも２以上の投影装置から、色が異なるマーカーを含む第２画像を投影させ、

投影された前記第２画像の撮像データに基づいて、前記複数の投影装置の相対的な投影位置を調整する、

制御を行う制御装置。

[請求項2] 請求項１に記載の制御装置であって、

前記プロセッサは、前記第１画像の撮像データに基づいて、前記第２画像の前記マーカーの画素値を設定する、

制御を行う制御装置。

[請求項3] 請求項１又は２に記載の制御装置であって、

前記プロセッサは、前記第１画像の撮像データに基づいて、前記第２画像の前記マーカーの色を設定する、

制御を行う制御装置。

[請求項4] 請求項１又は２に記載の制御装置であって、

前記プロセッサは、前記第１画像の撮像データに基づいて、前記第２画像の前記マーカーの画像を設定する、

制御を行う制御装置。

[請求項5] 請求項２から４のいずれか１項に記載の制御装置であって、

前記プロセッサは、前記第１画像の撮像データに含まれる特定色の画素値の合計に基づいて、前記第１画像及び前記第２画像を撮像する撮像装置の露出条件を設定する、

制御を行う制御装置。

[請求項6] 請求項５に記載の制御装置であって、

前記複数の投影装置は第１投影装置及び第２投影装置を含み、

前記プロセッサは、

前記第１投影装置が投影した前記第１画像の撮像データに含まれる第１色の画素値と、前記第２投影装置が投影した前記第１画像の撮像データに含まれる前記第１色の画素値と、に基づいて前記露出条件を設定する、

制御を行う制御装置。

[請求項7] 請求項６に記載の制御装置であって、

前記プロセッサは、

前記第１投影装置が投影した前記第１画像の撮像データに含まれる第２色の画素値と、前記第２投影装置が投影した前記第１画像の撮像データに含まれる前記第２色の画素値と、に基づいて前記露出条件を設定する、

制御を行う制御装置。

[請求項8] 請求項２から４のいずれか１項に記載の制御装置であって、

前記プロセッサは、前記第１画像の撮像データに含まれる特定色の画素値の合計に基づいて、前記第２画像の前記マーカーの画素値及び色及び画像の少なくとも１以上を設定する、

制御を行う制御装置。

[請求項9] 請求項８に記載の制御装置であって、

前記複数の投影装置は第１投影装置及び第２投影装置を含み、

前記プロセッサは、

前記第１投影装置が投影した前記第１画像の撮像データに含まれる第１色の画素値と、前記第２投影装置が投影した前記第１画像の撮像データに含まれる前記第１色の画素値と、に基づいて前記第２画像の前記マーカーの画素値及び色及び画像の少なくともいずれかを設定する、

制御を行う制御装置。

[請求項10] 請求項９に記載の制御装置であって、

前記プロセッサは、

前記第１投影装置が投影した前記第１画像の撮像データに含まれる第２色の画素値と、前記第２投影装置が投影した前記第１画像の撮像データに含まれる前記第２色の画素値と、

に基づいて前記第２画像の前記マーカーの画素値及び色及び画像の少なくともいずれかを設定する、

制御を行う制御装置。

[請求項11] 請求項２から１０のいずれか１項に記載の制御装置であって、

前記プロセッサは、前記複数の投影装置から投影された前記第１画像の撮像データに含まれる特定色の画素値の差の大きさに基づいて、前記第２画像の前記マーカーの画素値及び色及び画像の少なくとも１以上を設定する、

制御を行う制御装置。

[請求項12] 請求項１１に記載の制御装置であって、

前記複数の投影装置は第１投影装置及び第２投影装置を含み、

前記プロセッサは、

前記第１投影装置が投影した前記第１画像の撮像データに含まれる第１色の画素値と、前記第２投影装置が投影した前記第１画像の撮像データに含まれる前記第１色の画素値と、の差の大きさと、

に基づいて前記第２画像の前記マーカーの画素値及び色及び画像の少なく１以上を設定する、

制御を行う制御装置。

[請求項13] 請求項１２に記載の制御装置であって、

前記第１投影装置が投影した前記第１画像の撮像データに含まれる第２色の画素値と、前記第２投影装置が投影した前記第１画像の撮像データに含まれる前記第２色の画素値と、の差の大きさと、

に基づいて前記第２画像の前記マーカーの画素値及び色及び画像の

少なくとも１以上を設定する、

制御を行う制御装置。

[請求項14] 請求項１から１３のいずれか１項に記載の制御装置であって、

前記プロセッサは、前記複数の投影装置から、画素値及び色及び画像の少なくとも１以上が異なる複数の前記第１画像を異なるタイミングで投影させる、

制御を行う制御装置。

[請求項15] 請求項１から１４のいずれか１項に記載の制御装置であって、

前記プロセッサは、

前記複数の投影装置から、画素値及び色及び画像の少なくとも１以上が異なる複数の領域を含む前記第１画像を投影させる、

制御を行う制御装置。

[請求項16] 請求項１から１５のいずれか１項に記載の制御装置であって、

前記プロセッサは、前記第２画像の撮像データから前記マーカーを検出した結果に基づいて、前記複数の投影装置の相対的な投影位置を調整する、

制御を行う制御装置。

[請求項17] 請求項１６に記載の制御装置であって、

前記第２画像は、複数のマーカーを含み、

前記プロセッサは、前記第２画像の撮像データから前記複数のマーカーのうち一部のマーカーを検出した場合、前記一部のマーカーの位置に基づいて残余のマーカーの位置を推定した結果に基づいて、前記第２画像の撮像データから前記残余のマーカーを検出する、

制御を行う制御装置。

[請求項18] 請求項１６又は１７に記載の制御装置であって、

前記プロセッサは、前記第２画像の撮像データからの前記マーカーの検出結果に基づいて、前記マーカーの配置又は画像を変更した前記第２画像を前記複数の投影装置の少なくともいずれかから投影させる

、

制御を行う制御装置。

[請求項19] 制御装置が備えるプロセッサが、

複数の投影装置から第１画像を異なるタイミングで投影させ、

投影された前記第１画像の撮像データに基づいて、前記複数の投影装置のうち少なくとも２以上の投影装置から、色が異なるマーカーを含む第２画像を投影させ、

投影された前記第２画像の撮像データに基づいて、前記複数の投影装置の相対的な投影位置を調整する、

制御を行う制御方法。

[請求項20] 制御装置が備えるプロセッサに、

複数の投影装置から第１画像を異なるタイミングで投影させ、

投影された前記第１画像の撮像データに基づいて、前記複数の投影装置のうち少なくとも２以上の投影装置から、色が異なるマーカーを含む第２画像を投影させ、

投影された前記第２画像の撮像データに基づいて、前記複数の投影装置の相対的な投影位置を調整する、

制御を実行させるための制御プログラム。

[請求項21] 複数の投影装置と、

プロセッサを備える制御装置と、

を含む投影システムであって、

前記プロセッサが、

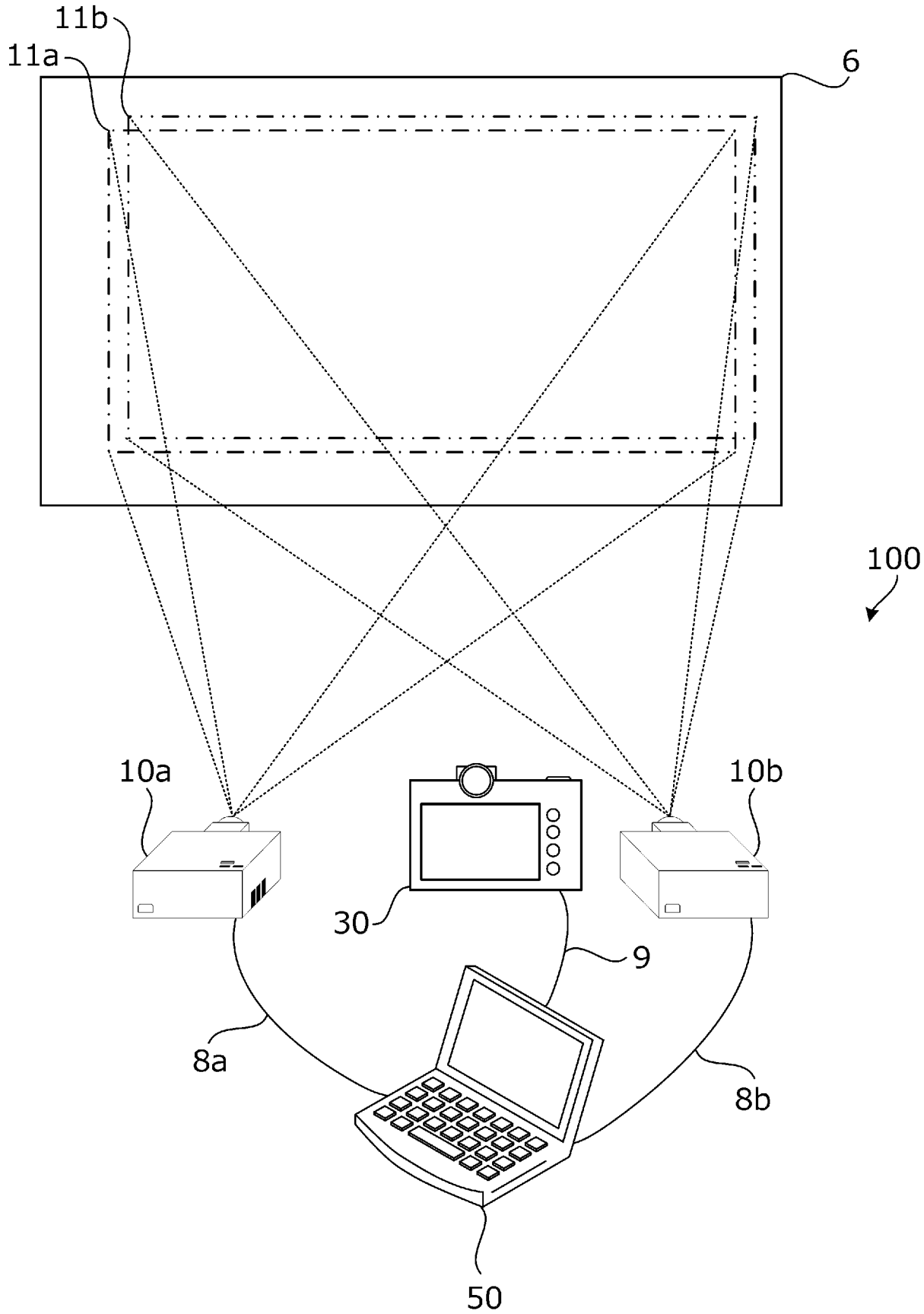
前記複数の投影装置から第１画像を異なるタイミングで投影させ、

投影された前記第１画像の撮像データに基づいて、前記複数の投影装置のうち少なくとも２以上の投影装置から、色が異なるマーカーを含む第２画像を投影させ、

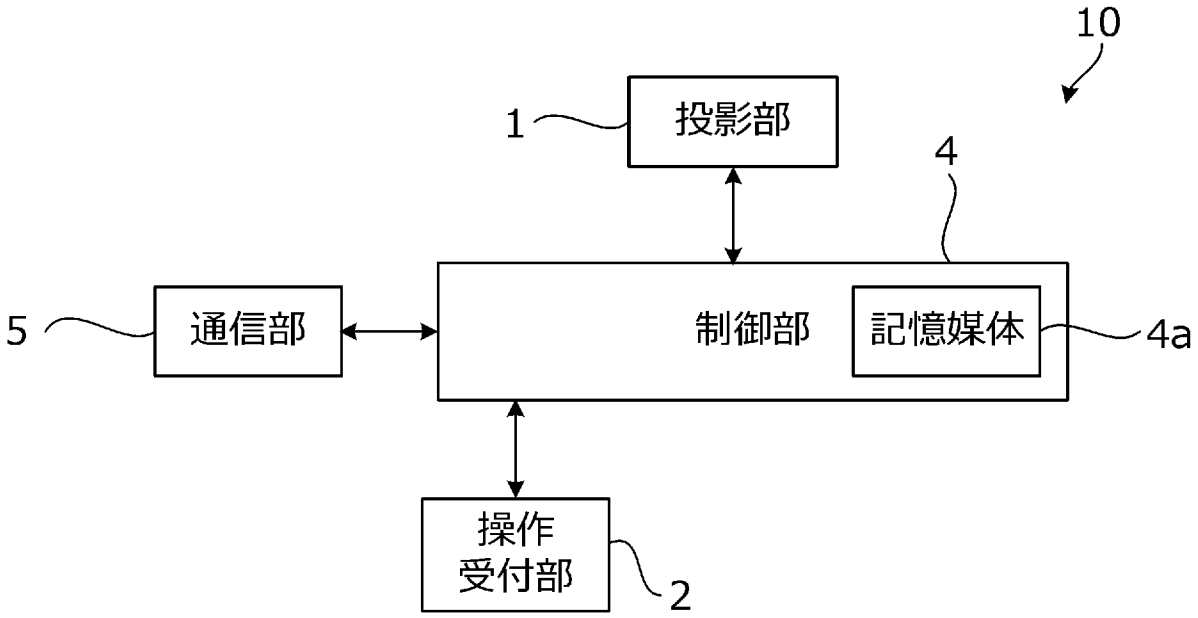
投影された前記第２画像の撮像データに基づいて、前記複数の投影装置の相対的な投影位置を調整する、

制御を行う投影システム。

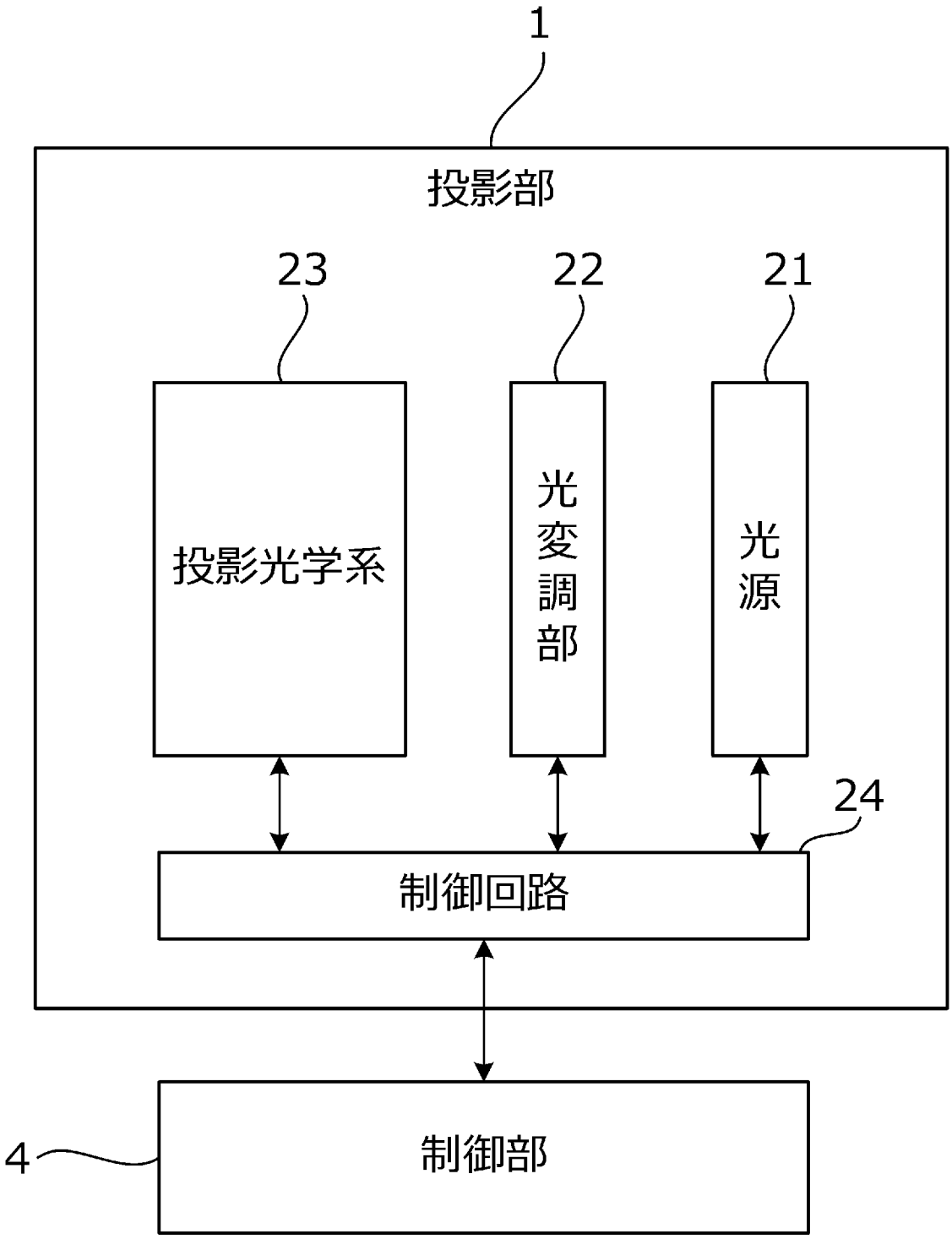
[図1]



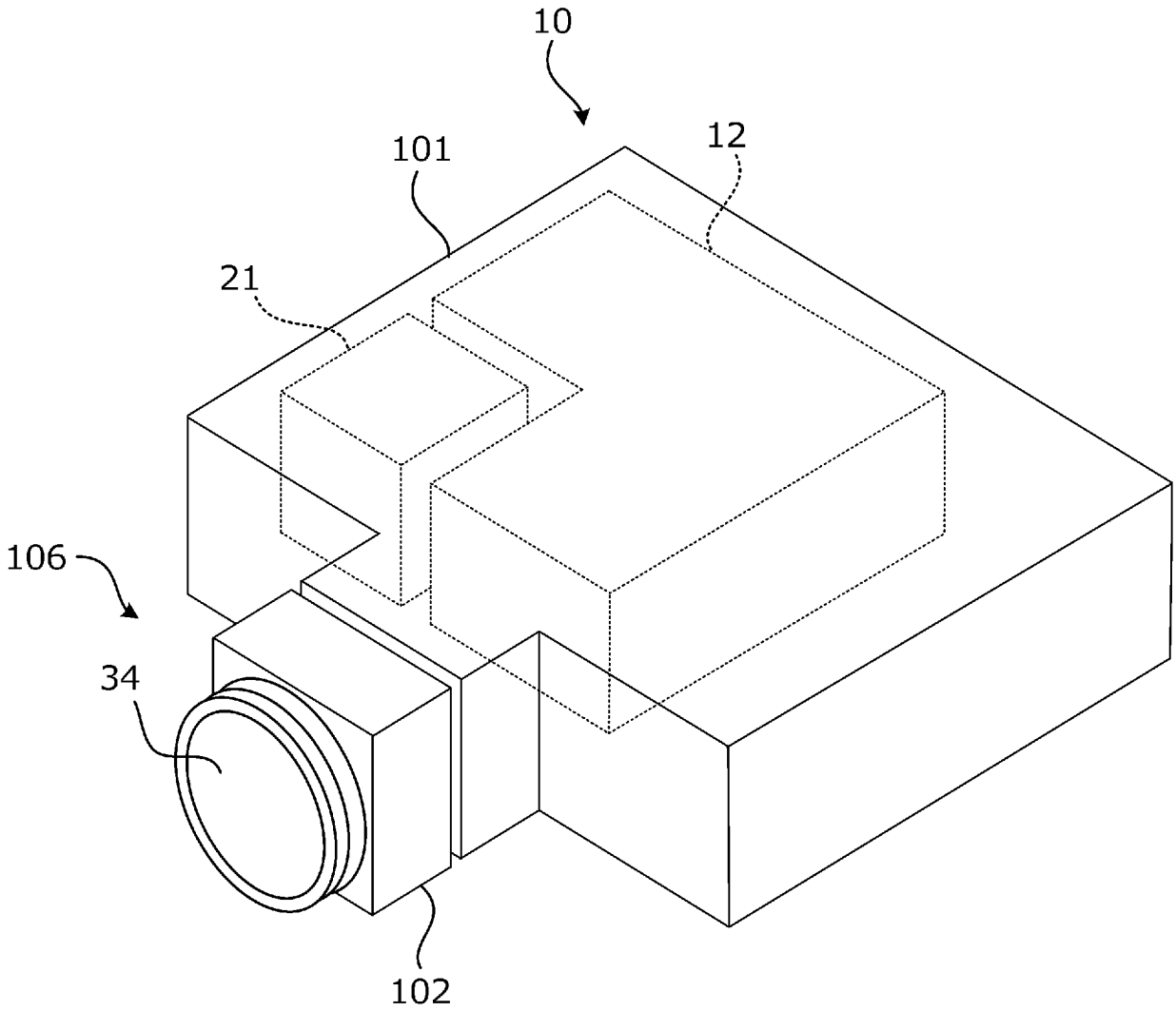
[図2]



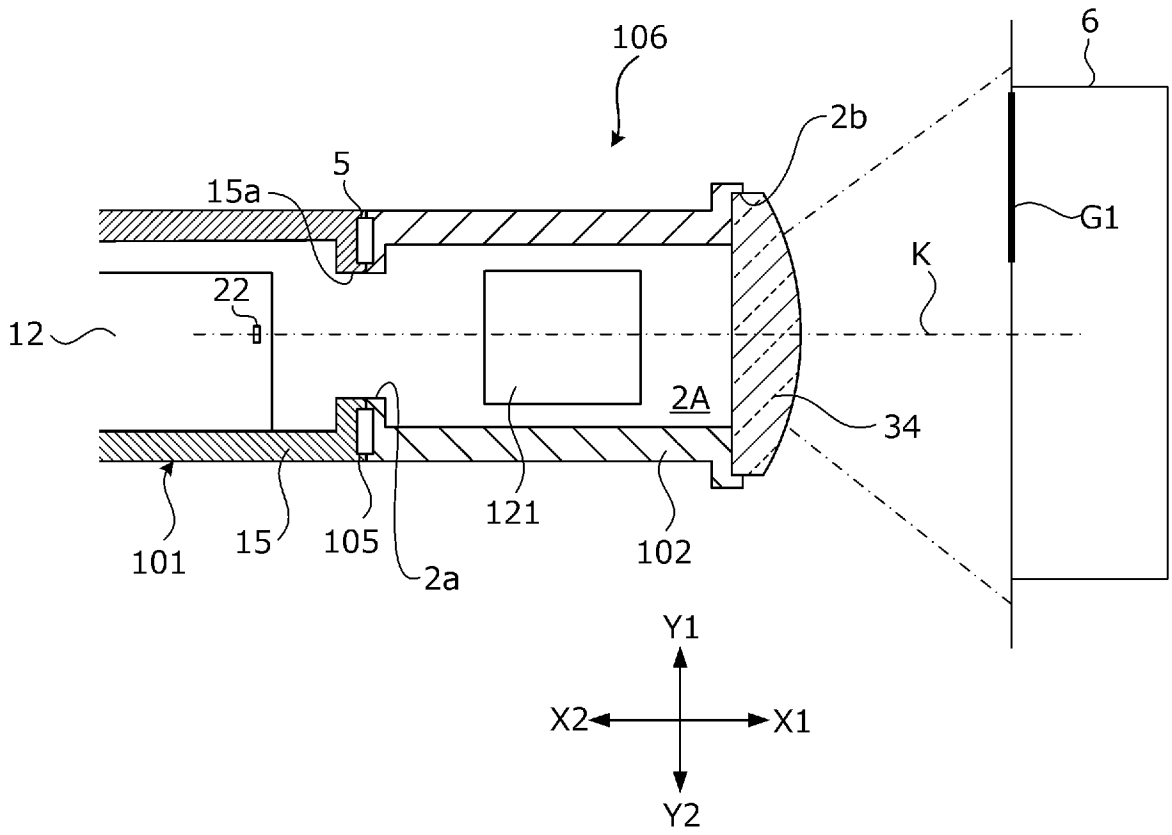
[図3]



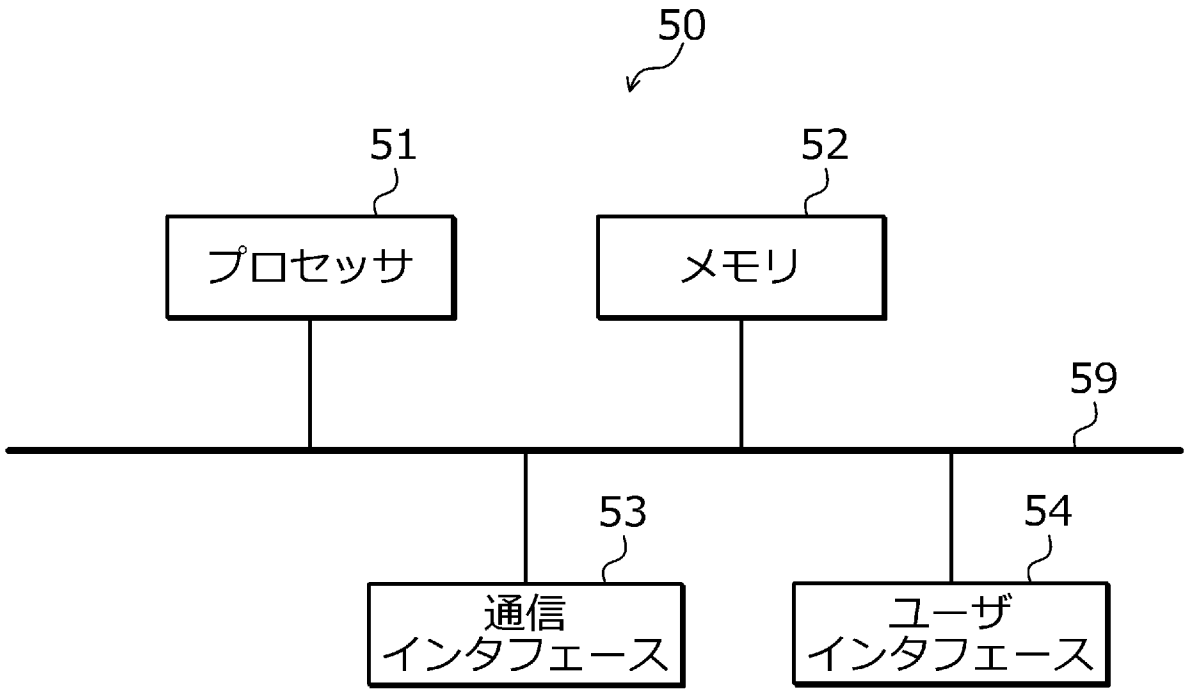
[図4]



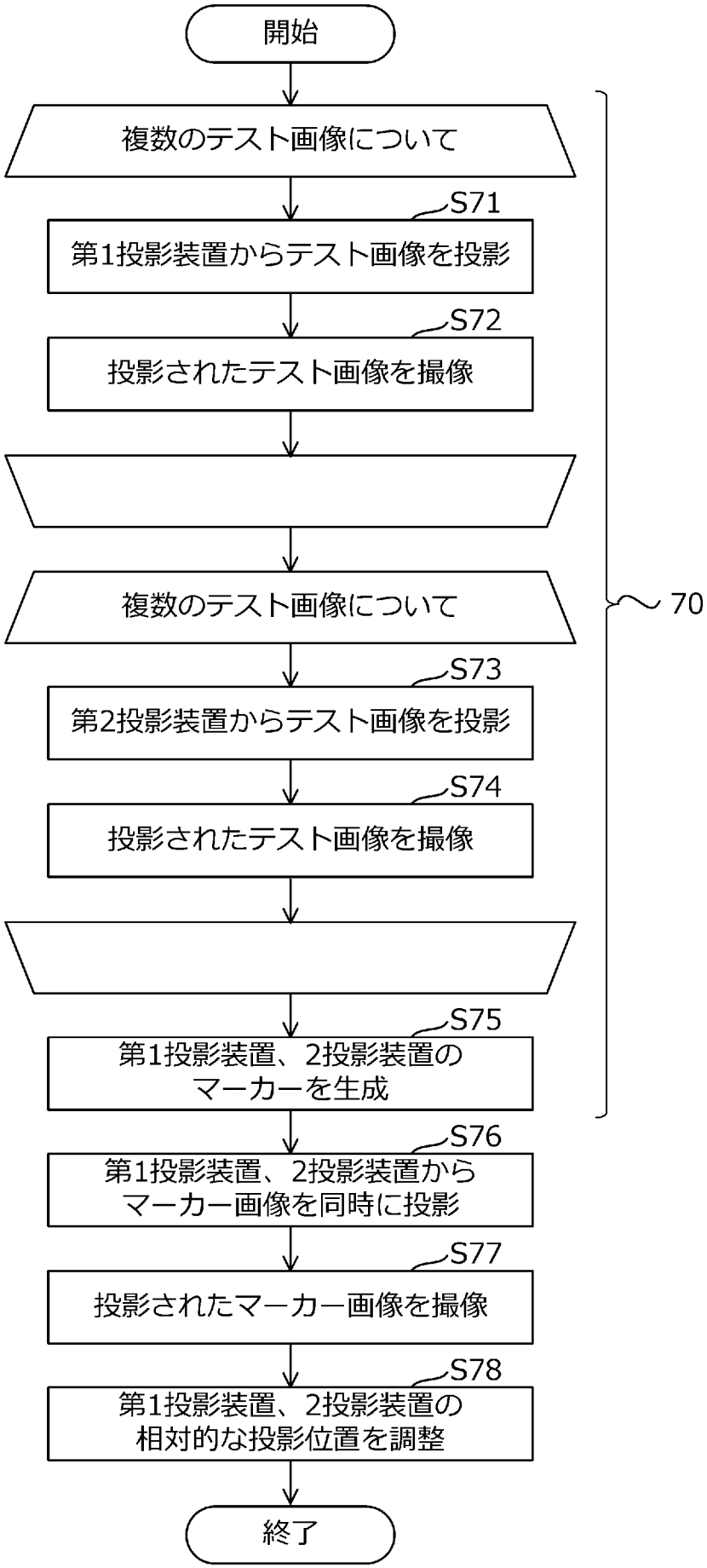
[図5]


106
6
2b
5
15a
G1
K
22
12
2A
34
121
101
15
105
2a
102
Y1
X2
X1
Y2

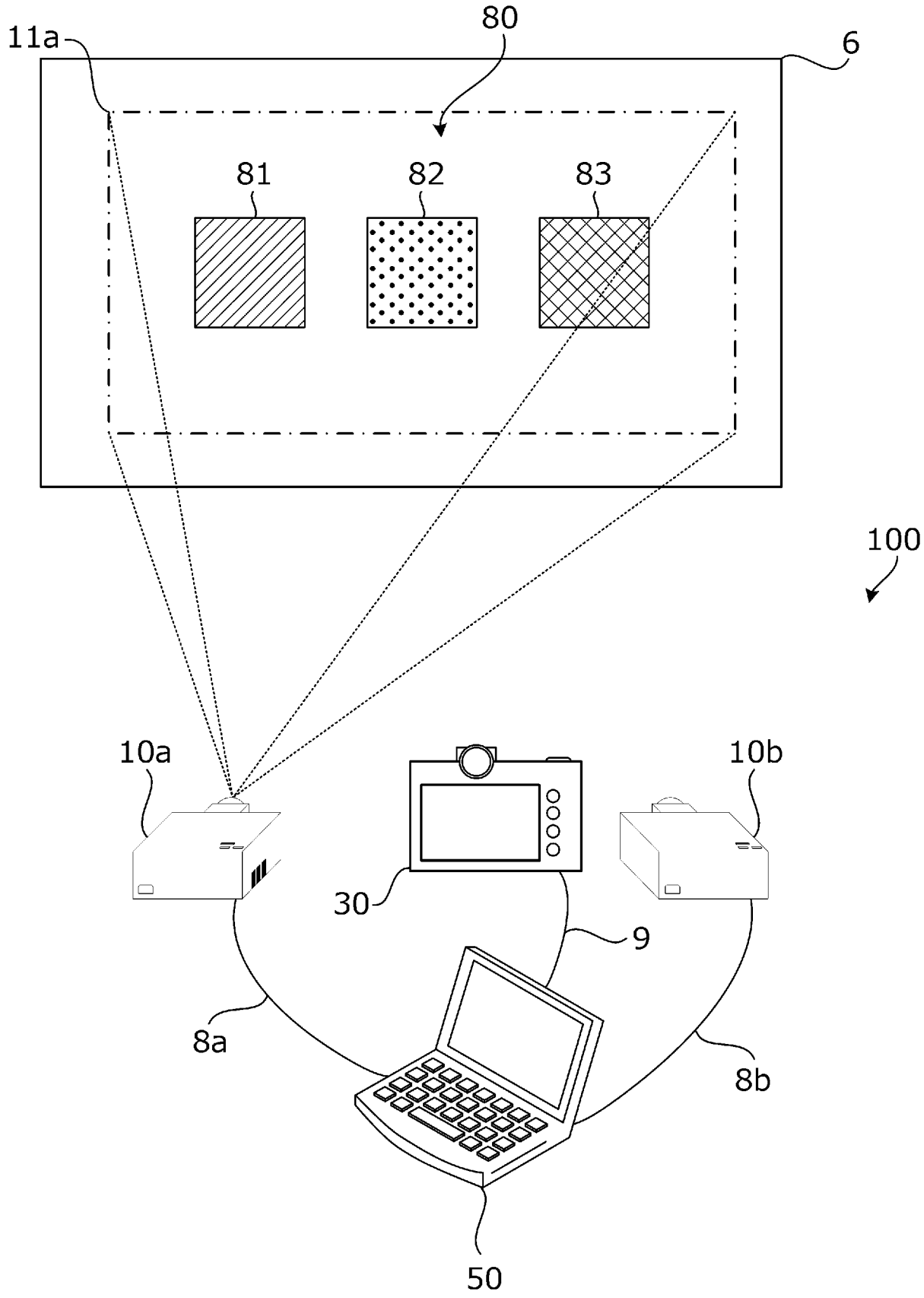
[図6]


50
51
52
プロセッサ
メモリ
59
53
54
通信
インタフェース
ユーザ
インタフェース

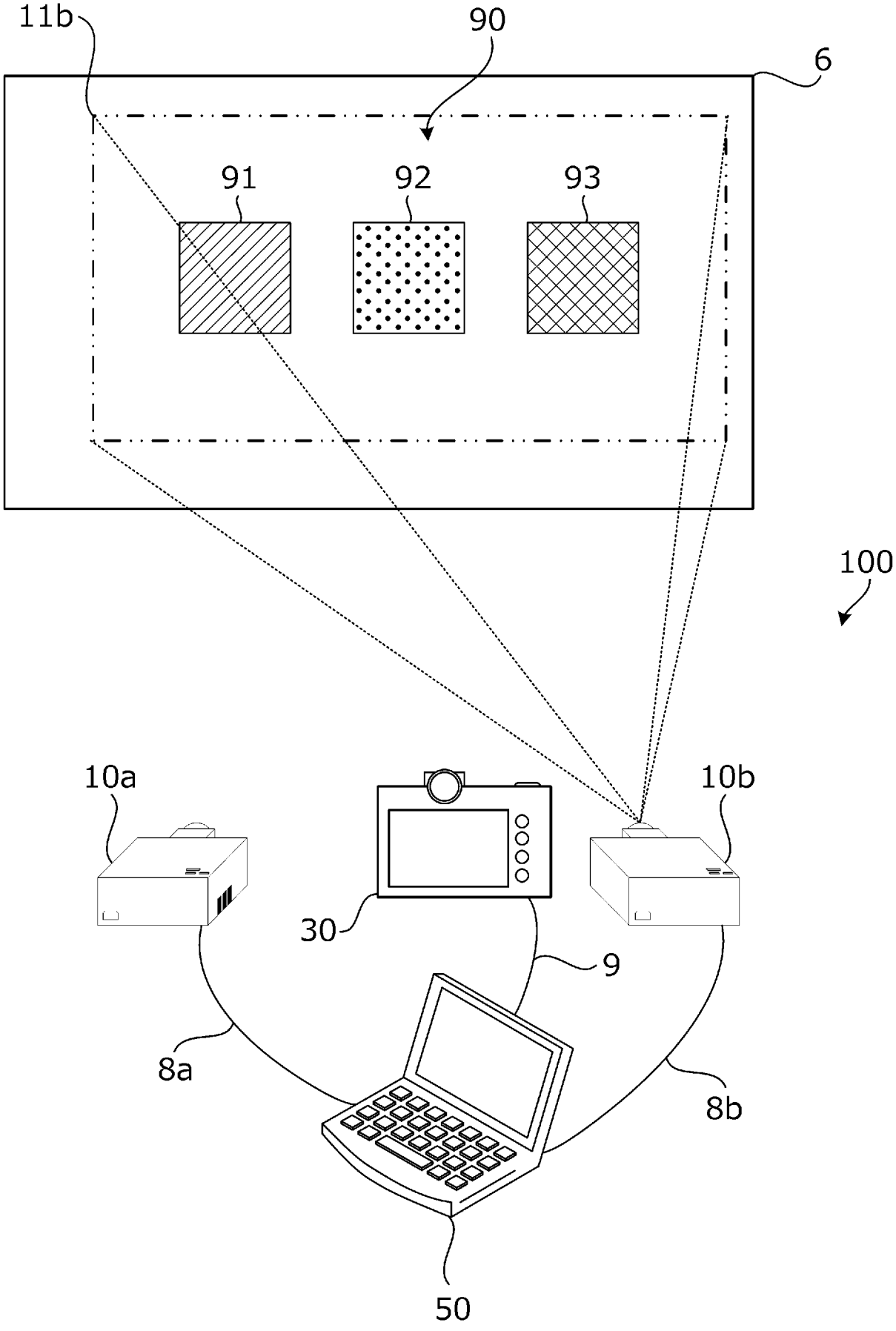
[図7]


開始
複数のテスト画像について
S71
第1投影装置からテスト画像を投影
S72
投影されたテスト画像を撮像
複数のテスト画像について
70
S73
第2投影装置からテスト画像を投影
S74
投影されたテスト画像を撮像
S75
第1投影装置、2投影装置の
マーカーを生成
S76
第1投影装置、2投影装置から
マーカー画像を同時に投影
S77
投影されたマーカー画像を撮像
S78
第1投影装置、2投影装置の
相対的な投影位置を調整
終了

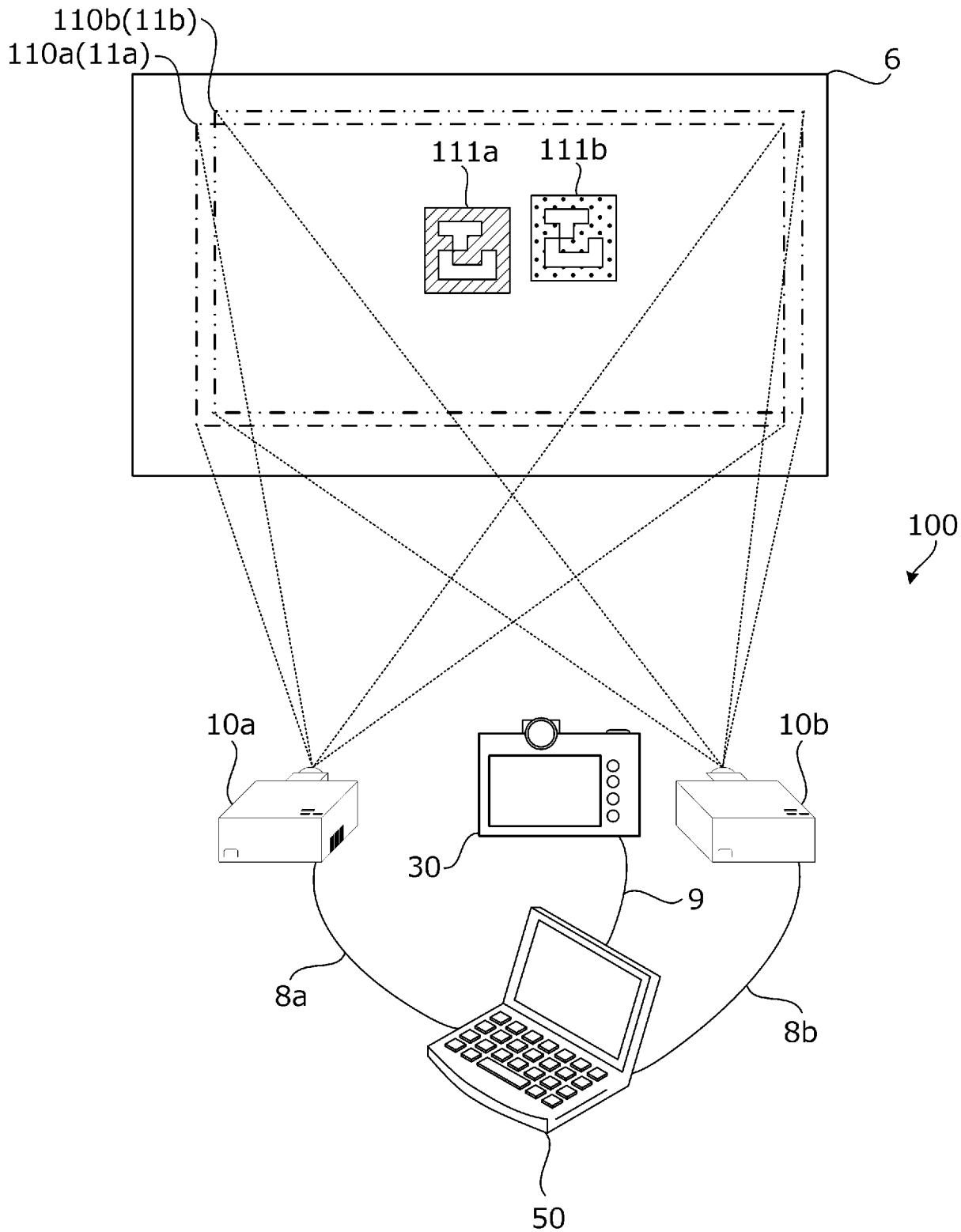
[図8]



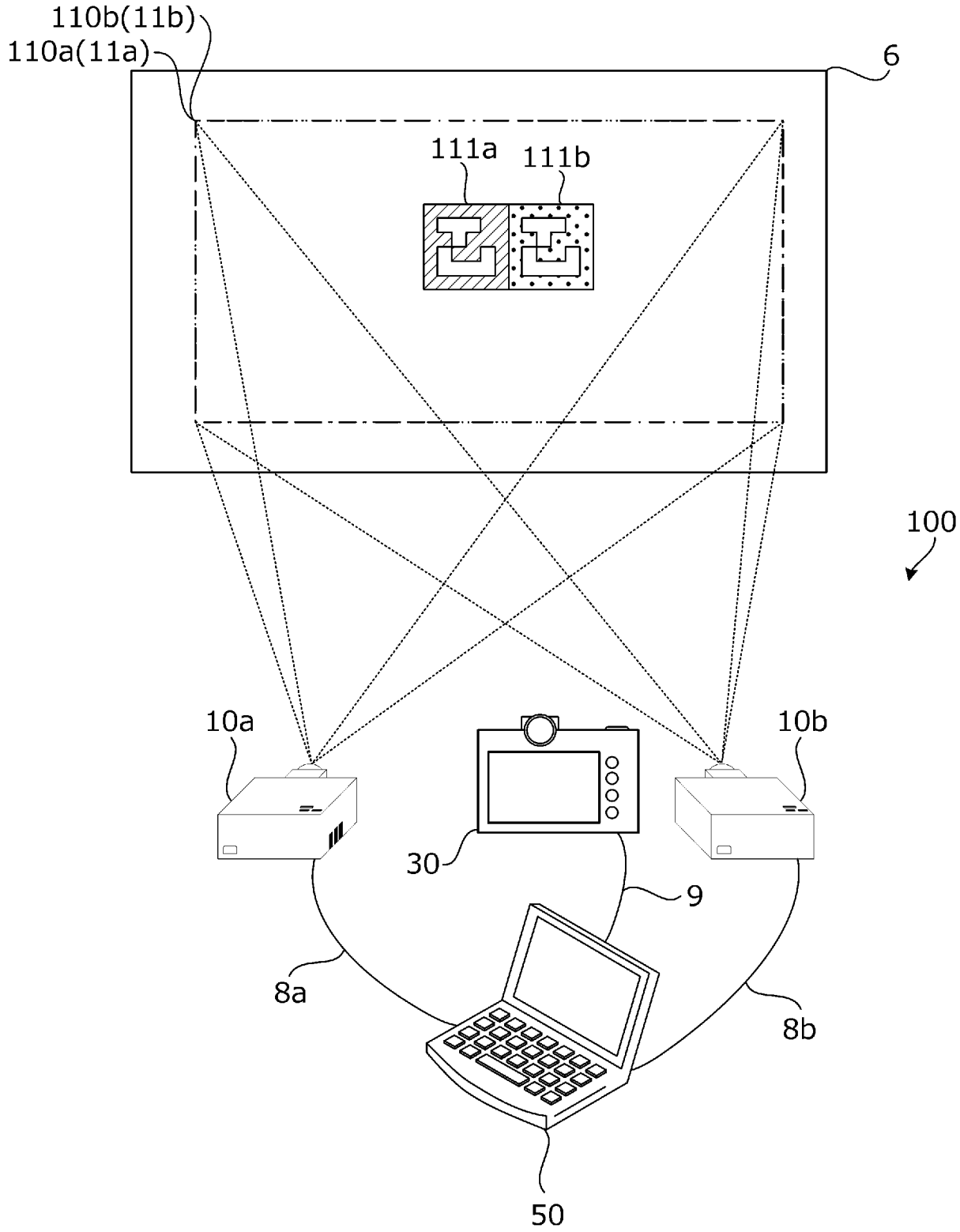
[図9]



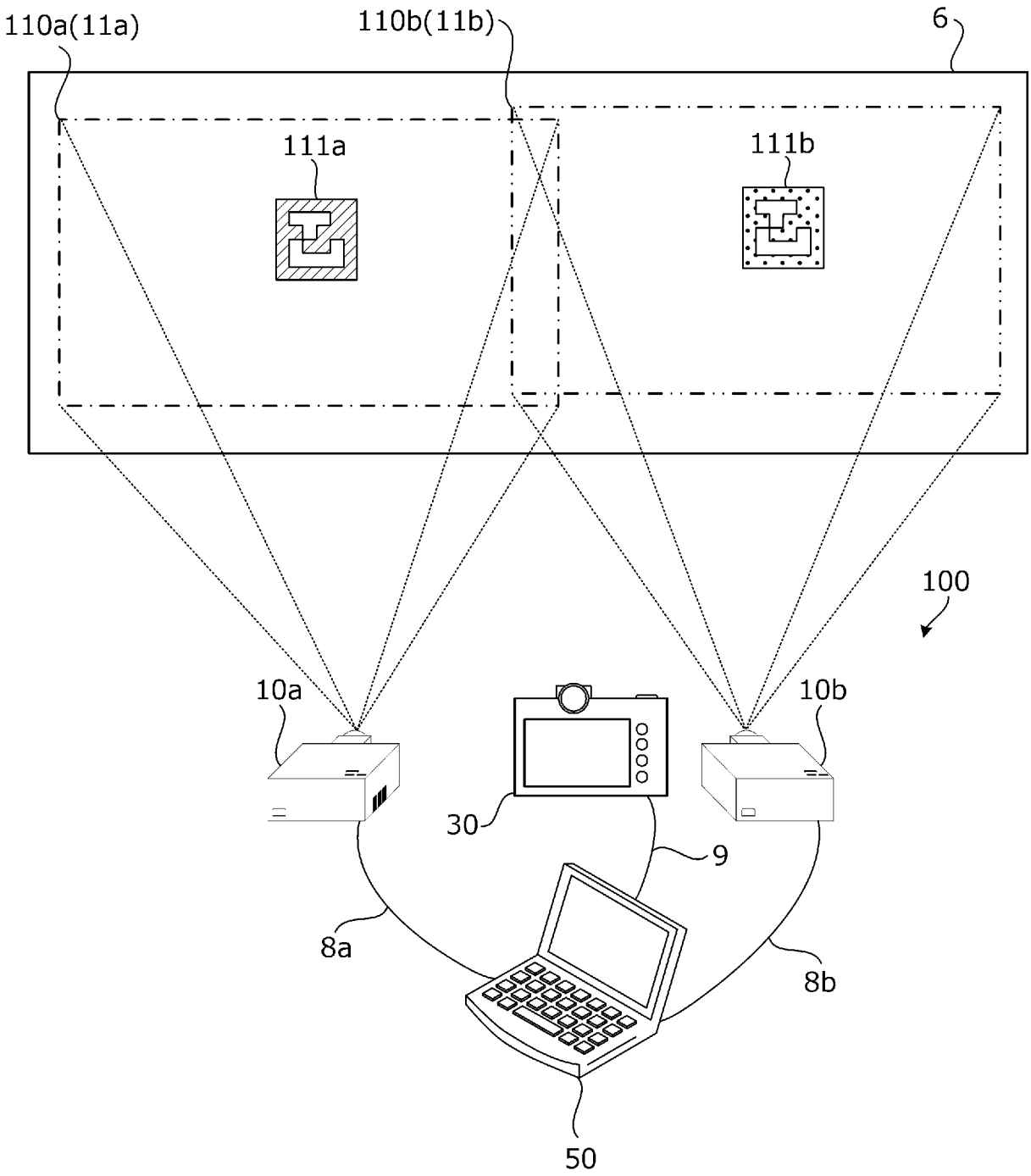
[図10]



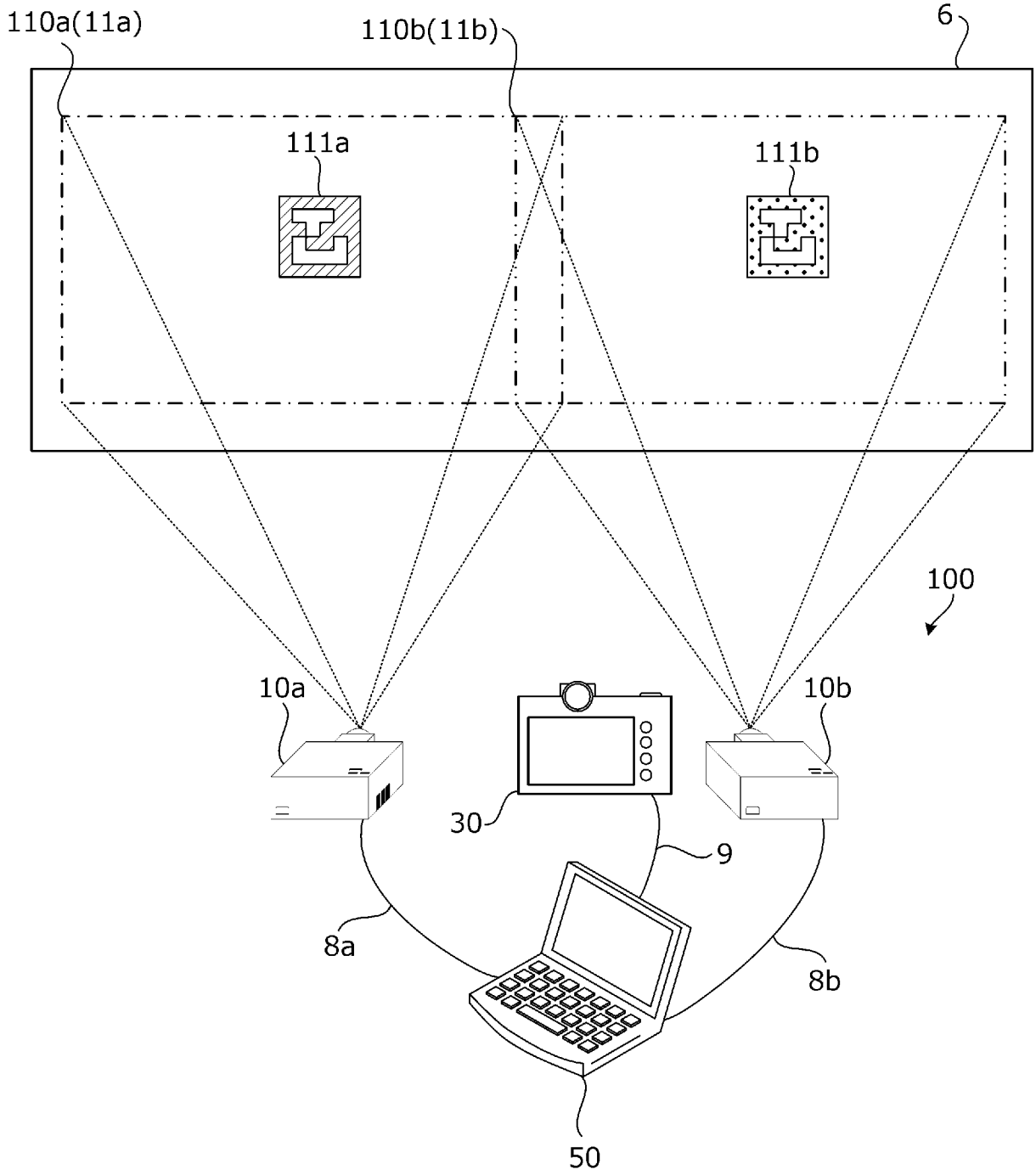
[図11]



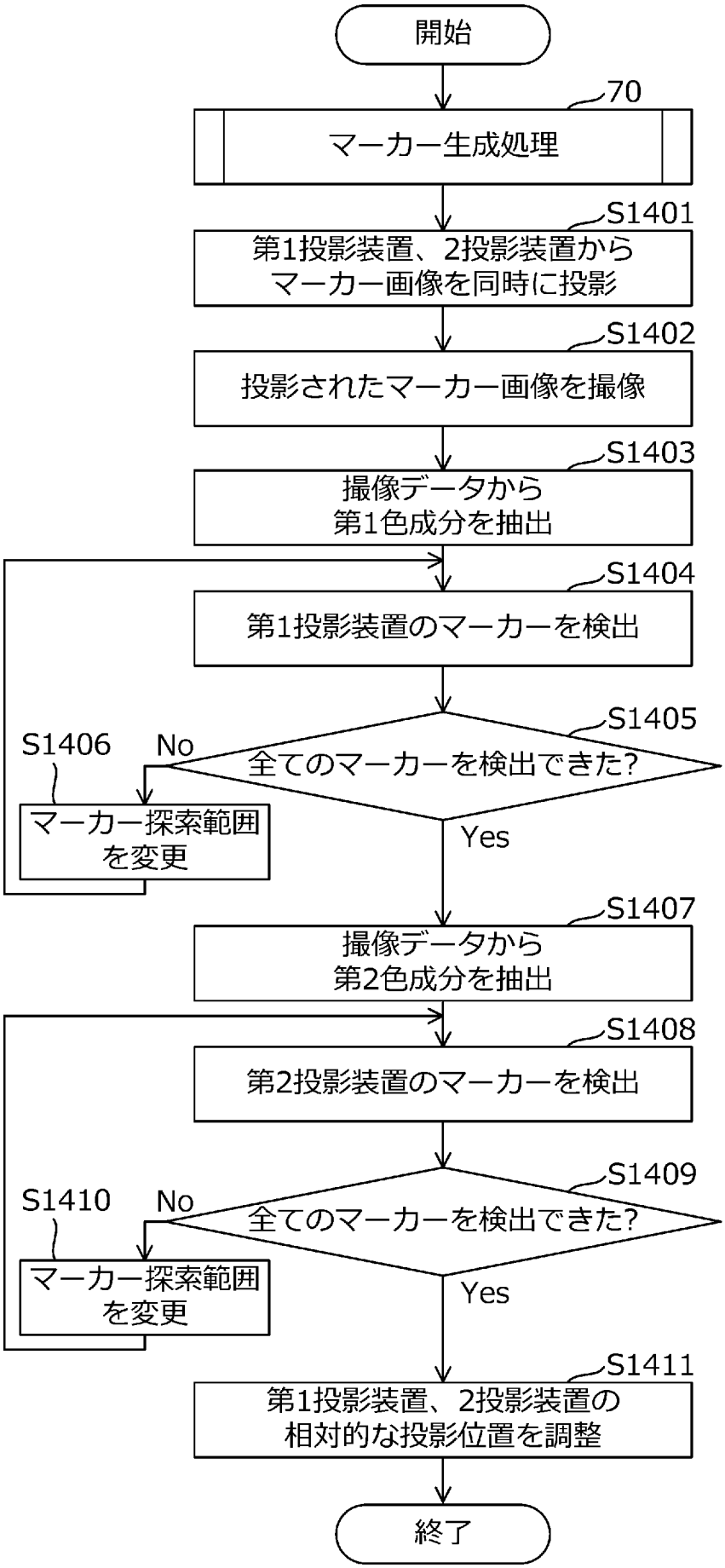
[図12]



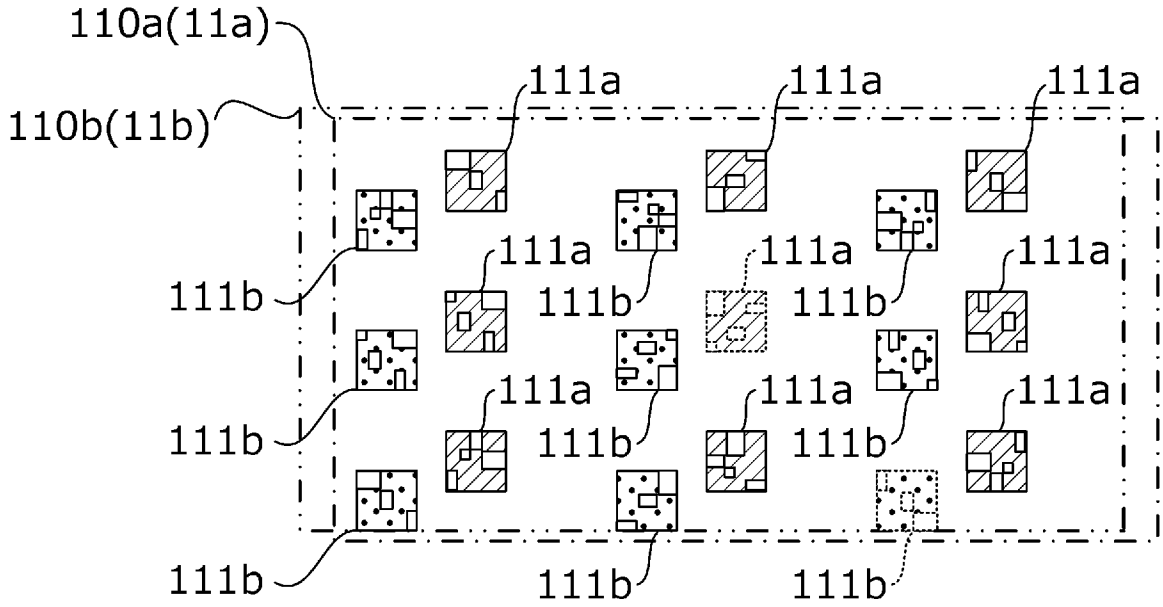
[図13]



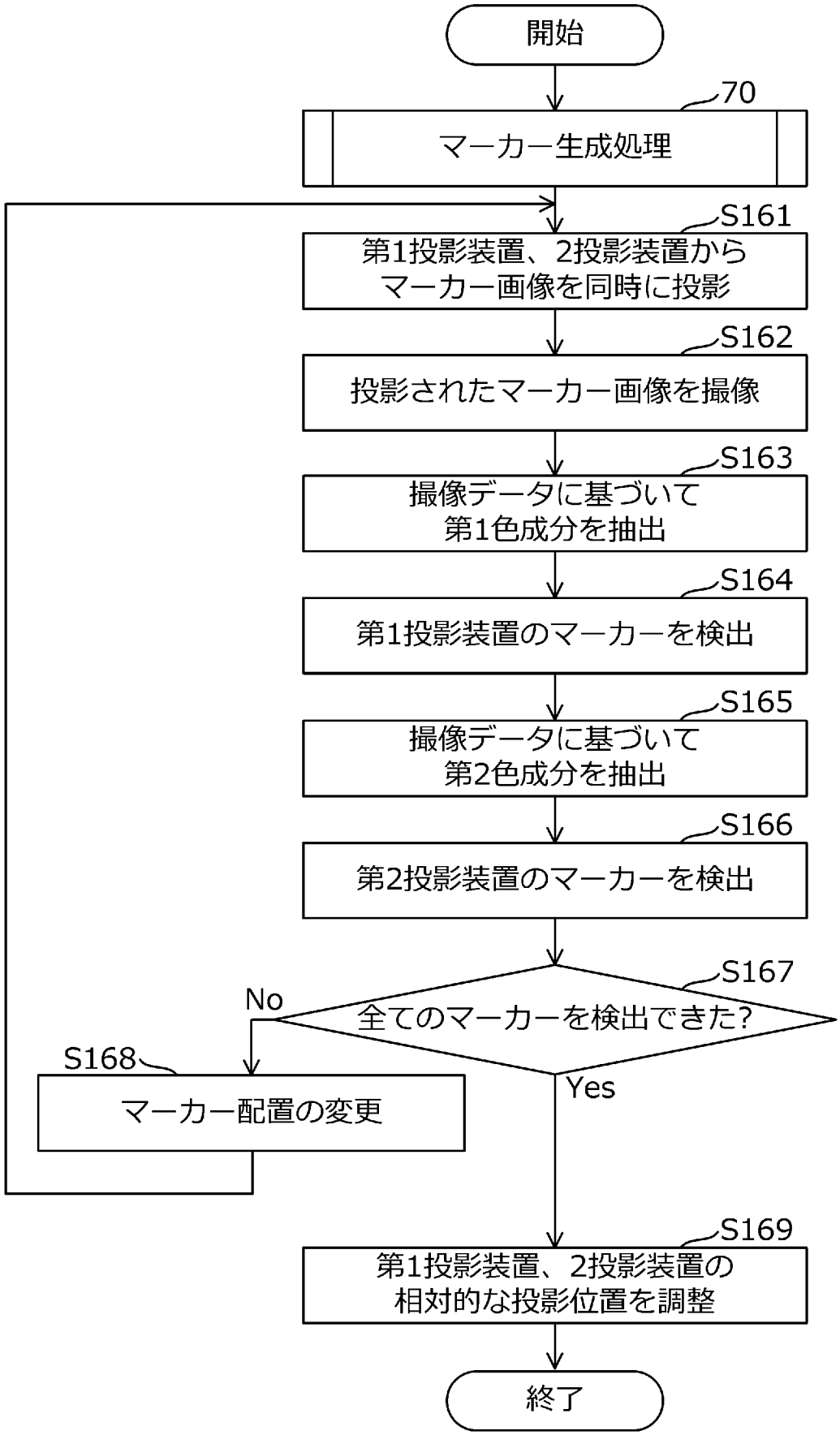
[図14]


開始
70
マーカー生成処理
S1401
第1投影装置、2投影装置から
マーカー画像を同時に投影
S1402
投影されたマーカー画像を撮像
S1403
撮像データから
第1色成分を抽出
S1404
第1投影装置のマーカーを検出
S1405
全てのマーカーを検出できた?
No
S1406
マーカー探索範囲
を変更
Yes
S1407
撮像データから
第2色成分を抽出
S1408
第2投影装置のマーカーを検出
S1409
全てのマーカーを検出できた?
No
S1410
マーカー探索範囲
を変更
Yes
S1411
第1投影装置、2投影装置の
相対的な投影位置を調整
終了

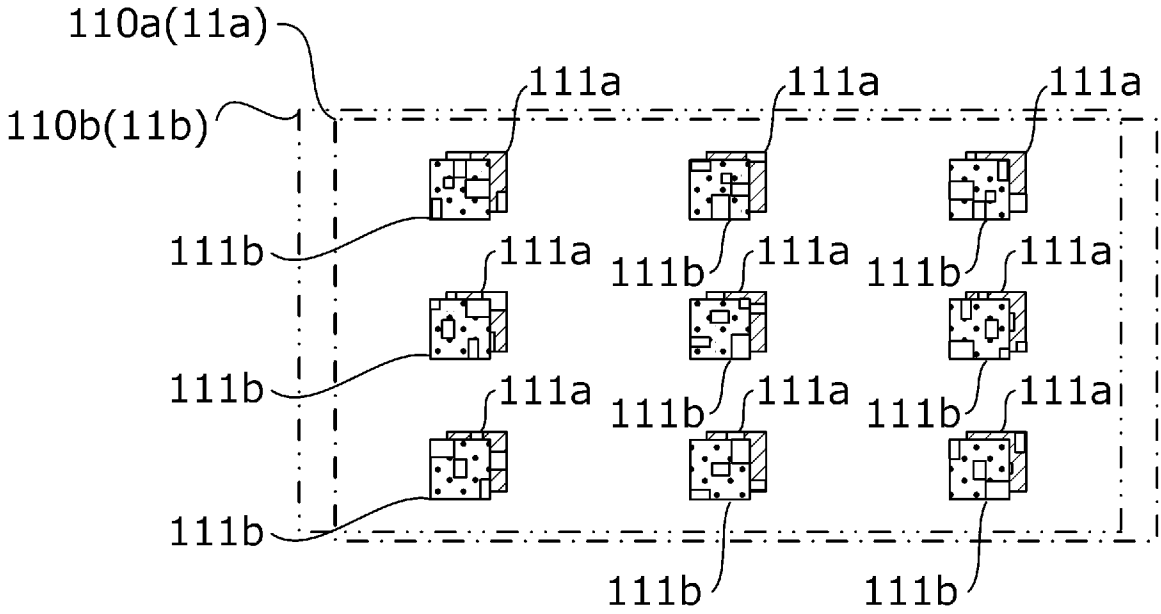
[図15]


110a(11a)
110b(11b)
111a
111a
111a
111a
111a
111a
111a
111a
111a
111b
111b
111b
111b
111b
111b
111b

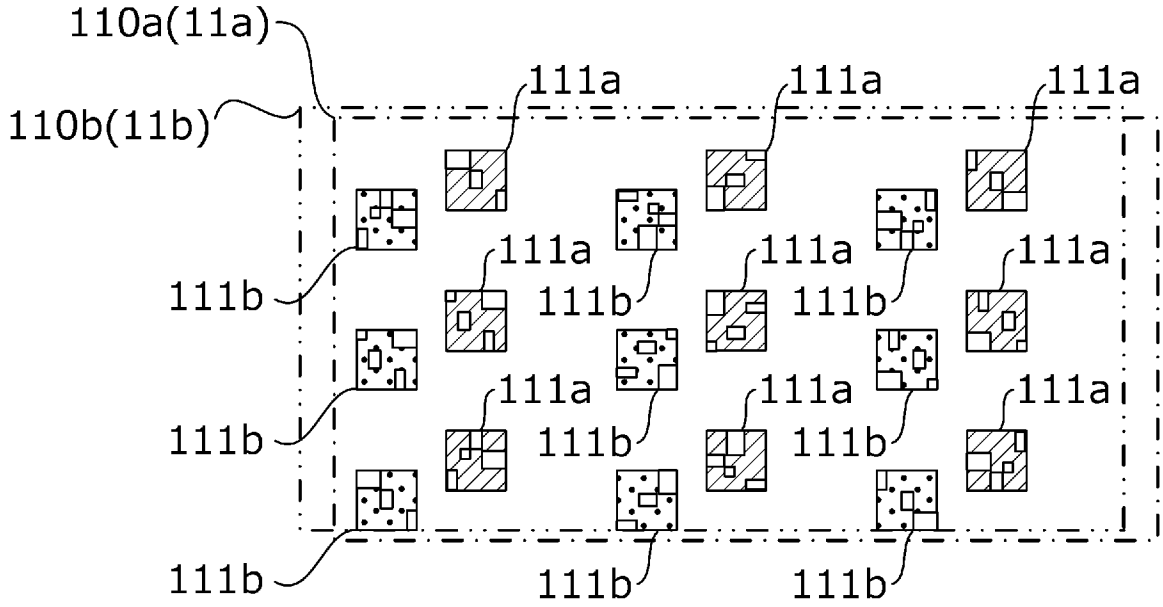
[図16]


開始
70
マーカー生成処理
S161
第1投影装置、2投影装置から
マーカー画像を同時に投影
S162
投影されたマーカー画像を撮像
S163
撮像データに基づいて
第1色成分を抽出
S164
第1投影装置のマーカーを検出
S165
撮像データに基づいて
第2色成分を抽出
S166
第2投影装置のマーカーを検出
S167
全てのマーカーを検出できた?
No
Yes
S168
マーカー配置の変更
S169
第1投影装置、2投影装置の
相対的な投影位置を調整
終了

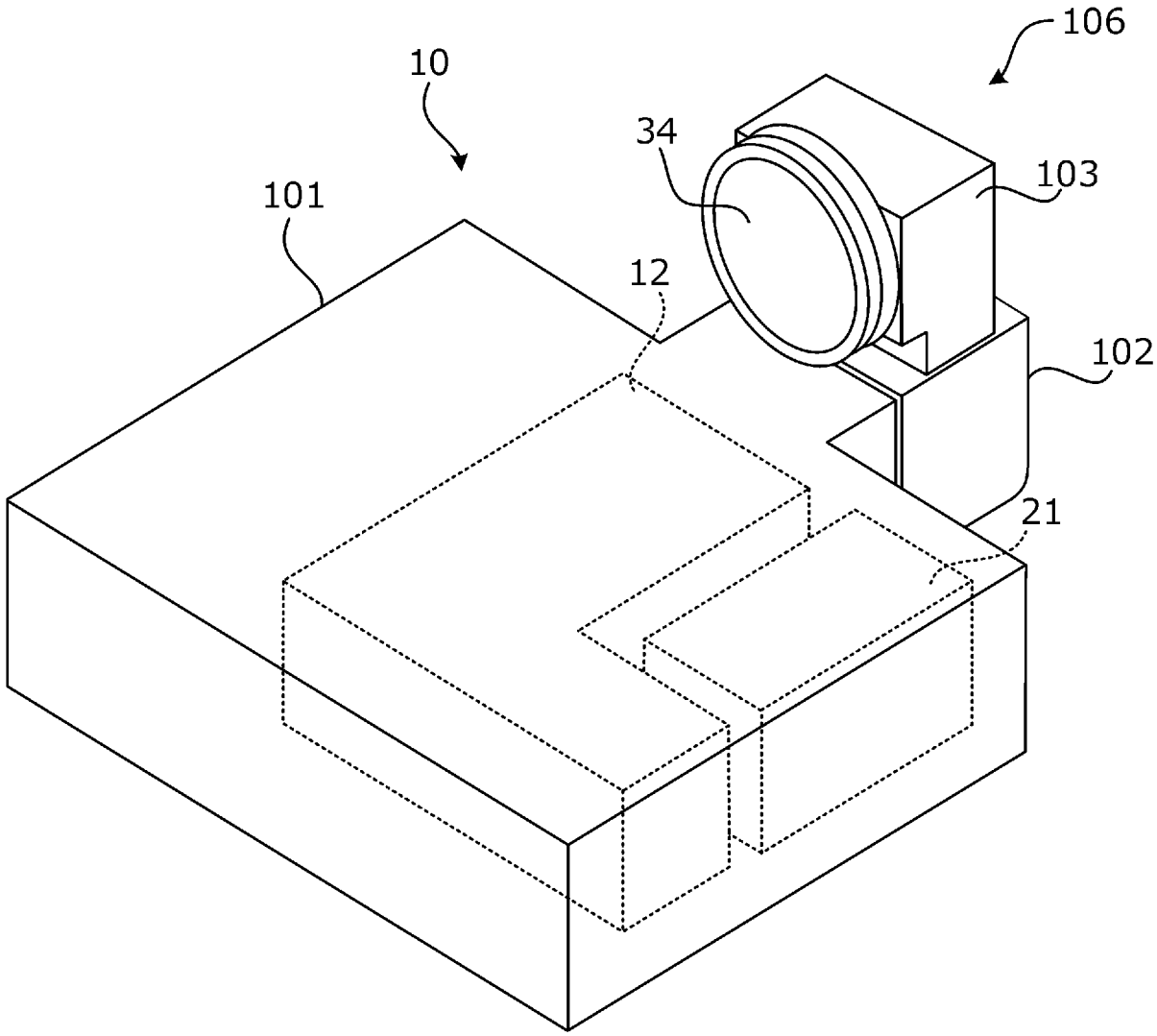
[図17]



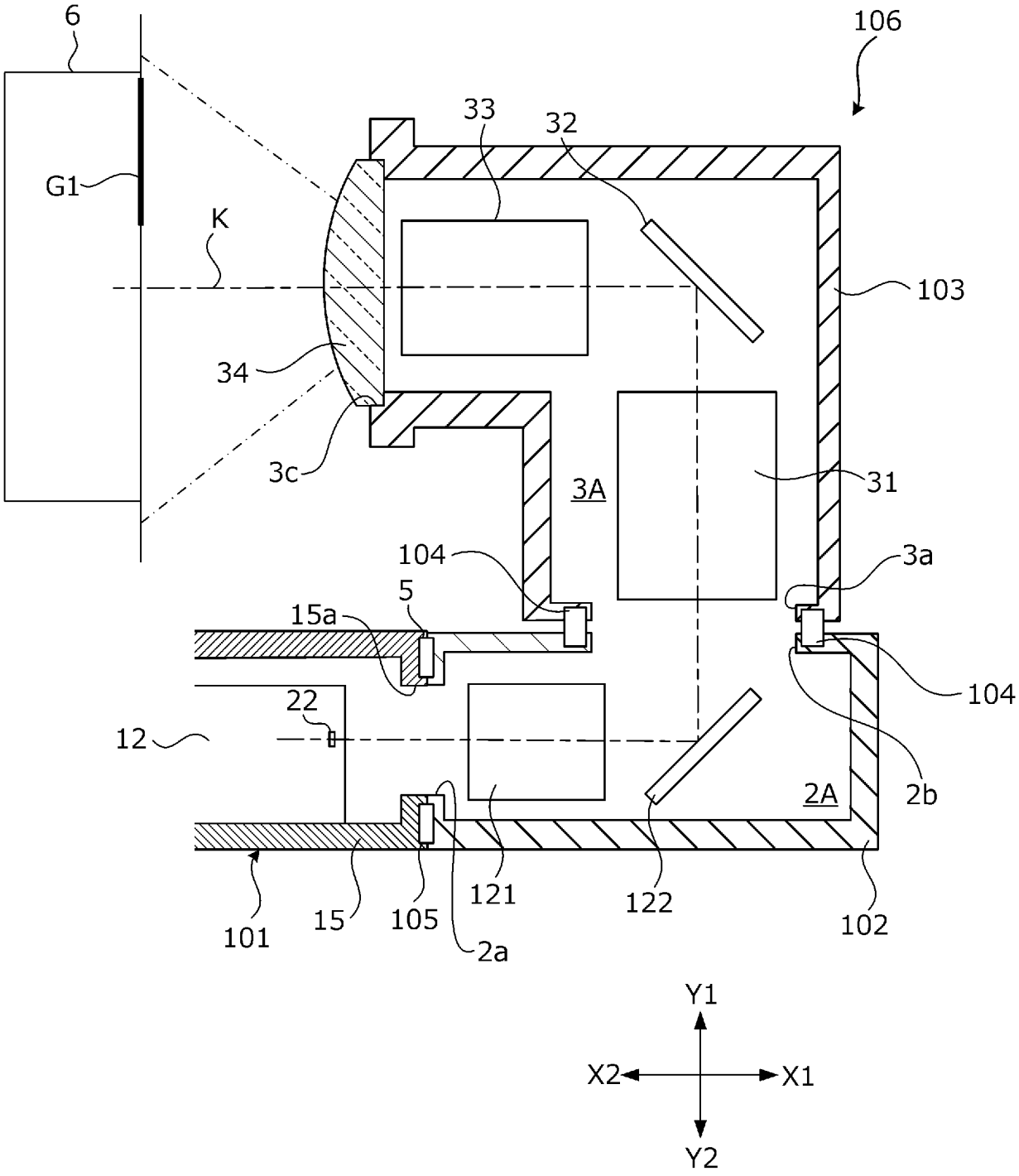
[図18]



[図19]



[図20]


6
106
33
32
G1
K
103
34
3c
3A
31
104
3a
5
15a
104
22
12
2b
2A
101
15
105
121
122
102
2a
Y1
X2
X1
Y2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2022/030619

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04N 9/31(2006.01)i; ***G03B 21/00***(2006.01)i; ***G09G 5/00***(2006.01)i; ***H04N 17/00***(2006.01)i
FI: H04N9/31 470; G03B21/00 D; G09G5/00 X; G09G5/00 510B; G09G5/00 510V; G09G5/00 550C; H04N9/31 850; H04N17/00 G

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)

H04N9/31; G03B21/00; G09G5/00; H04N17/00; H04N5/74

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022
Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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 2014-10264 A (JVC KENWOOD CORP.) 20 January 2014 (2014-01-20) paragraphs [0022], [0023], [0092]-[0108], fig. 1, 3, 14-16	1-21
A	JP 2011-29727 A (CANON INC.) 10 February 2011 (2011-02-10) entire text	1-21

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

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"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)
"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
"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
"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
"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
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
12 October 2022	**25 October 2022**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2022/030619

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2014-10264 A	20 January 2014	(Family: none)	
JP 2011-29727 A	10 February 2011	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2022/030619

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

H04N 9/31(2006.01)i; G03B 21/00(2006.01)i; G09G 5/00(2006.01)i; H04N 17/00(2006.01)i
FI: H04N9/31 470; G03B21/00 D; G09G5/00 X; G09G5/00 510B; G09G5/00 510V; G09G5/00 550C; H04N9/31 850; H04N17/00 G

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））

H04N9/31; G03B21/00; G09G5/00; H04N17/00; H04N5/74

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	１９７１－２０２２年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２２年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２２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 2014-10264 A (株式会社ＪＶＣケンウッド) 20.01.2014 (2014-01-20) ［００２２］－［００２３］, ［００９２］－［０１０８］, 図１，３，１４－１６	1-21
A	JP 2011-29727 A (キヤノン株式会社) 10.02.2011 (2011-02-10) 全文	1-21

☐ 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抵触するものではなく、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	国際調査報告の発送日
12.10.2022	25.10.2022

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
益戸　宏 5P 9380

電話番号 03-3581-1101 内線 3581

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2022/030619

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2014-10264 A	20.01.2014	（ファミリーなし）	
JP 2011-29727 A	10.02.2011	（ファミリーなし）	