

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-158042
(P2017-158042A)

(43) 公開日 平成29年9月7日(2017.9.7)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO4N 5/74 (2006.01)	HO4N 5/74 Z	2H104
GO3B 21/14 (2006.01)	GO3B 21/14 Z	2K203
GO3B 21/00 (2006.01)	GO3B 21/00 D	4C117
GO3B 21/28 (2006.01)	GO3B 21/28	5C058
GO3B 17/54 (2006.01)	GO3B 17/54	

審査請求 有 請求項の数 8 O L (全 24 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2016-39810 (P2016-39810)
 (22) 出願日 平成28年3月2日(2016.3.2)
 (11) 特許番号 特許第6111356号 (P6111356)
 (45) 特許公報発行日 平成29年4月5日(2017.4.5)

(出願人による申告)平成27年度、国立研究開発法人日本医療研究開発機構、産学連携医療イノベーション創出プログラム「プロジェクションマッピングによる近赤外線画像の可視化とリアルタイムナビゲーションによる手術システムの開発」委託研究開発、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願

(71) 出願人 00005821
 パナソニック株式会社
 大阪府門真市大字門真1006番地
 (74) 代理人 100081422
 弁理士 田中 光雄
 (74) 代理人 100100158
 弁理士 鮫島 睦
 (74) 代理人 100125874
 弁理士 川端 純市
 (72) 発明者 中村 雅明
 大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内
 Fターム(参考) 2H104 AA01

最終頁に続く

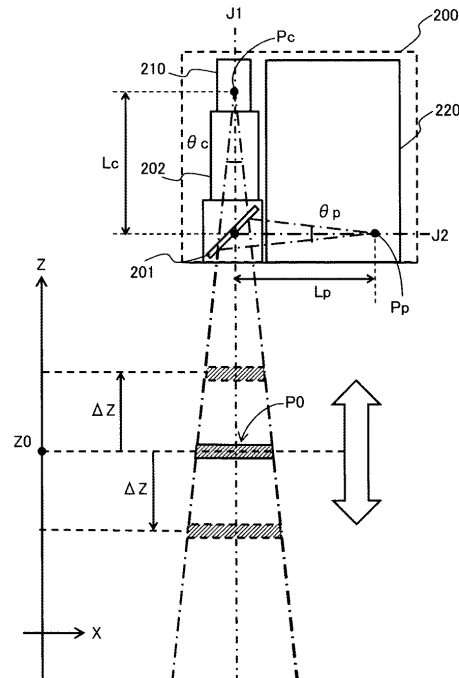
(54) 【発明の名称】 投影装置

(57) 【要約】

【課題】被写体の撮像画像に基づく投影画像が精度良く投影される範囲を広くする。

【解決手段】投影装置(20)は、撮像部(210)と、投影部(220)と、制御部(250)と、光学部(201)とを備える。撮像部は、被写体を撮像して撮像画像を生成する。投影部は、撮像画像に基づく投影画像を示す投影光を被写体上に照射する。制御部は、撮像画像に基づいて投影画像を制御する。光学部は、被写体から撮像部に入射する入射光(310)の光軸(J1)と、投影部から被写体上に照射される投影光(320)の光軸とが一致するように導光する。入射光に基づき撮像部が撮像する画角(θ_c)と、投影部が投影光を照射する画角(θ_p)とが一致し、撮像部と光学部間の入射光の光路長(L_c)と、投影部と光学部間の投影光の光路長(L_p)とが一致している。

【選択図】図8B



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被写体を撮像して撮像画像を生成する撮像部と、
 前記撮像画像に基づく投影画像を示す投影光を前記被写体上に照射する投影部と、
 前記撮像画像に基づいて前記投影画像を制御する制御部と、
 前記被写体から前記撮像部に入射する入射光の光軸と、前記投影部から前記被写体上に照射される投影光の光軸とが一致するように導光する光学部とを備え、
 前記入射光に基づき前記撮像部が撮像する画角と、前記投影部が前記投影光を照射する画角とが一致し、
 前記撮像部と光学部間の入射光の光路長と、前記投影部と光学部間の投影光の光路長とが一致している
 投影装置。

10

【請求項 2】

前記撮像部、投影部及び光学部のそれぞれの位置並びに向きのうちの少なくとも1つを調整可能に構成される第1の調整部をさらに備える
 請求項1に記載の投影装置。

【請求項 3】

前記撮像部と光学部間の入射光の光路長および前記投影部と光学部間の投影光の光路長のうちの少なくとも一方を調整可能に構成される第2の調整部をさらに備える
 請求項2に記載の投影装置。

20

【請求項 4】

前記第1の調整部は、前記第2の調整部によって調整される光路長を維持しながら前記撮像部、投影部及び光学部のそれぞれの位置並びに向きのうちの少なくとも1つを調整可能に構成される
 請求項3に記載の投影装置。

【請求項 5】

前記第1の調整部は、前記投影部が前記投影光を出射する方向と直交する方向において前記投影部を移動可能に構成される
 請求項2～4のいずれか1項に記載の投影装置。

【請求項 6】

前記光学部は、入射する光の内の所定の成分の進行方向を変更して出射し、
 前記第1の調整部は、前記光学部に入射する光の光軸と前記光学部から出射する光の光軸の交点に位置する回転軸において、前記光学部を回転可能に構成される
 請求項2～5のいずれか1項に記載の投影装置。

30

【請求項 7】

前記制御部は、前記撮像画像に基づいて、前記被写体上の投影画像を調整するように、前記第1の調整部を駆動する
 請求項2～6のいずれか1項に記載の投影装置。

【請求項 8】

前記制御部は、前記撮像画像に基づく画像処理において前記投影画像を調整する
 請求項1～7のいずれか1項に記載の投影装置。

40

【請求項 9】

前記撮像部は、前記撮像部の画角を設定する撮像光学系を備え、
 前記投影部は、前記投影部の画角を設定する投影光学系を備え、
 前記制御部は、前記撮像部の画角と前記投影部の画角とが一致するように、撮像光学系及び投影光学系を制御する
 請求項1～8のいずれか1項に記載の投影装置。

【請求項 10】

前記光学部は、ダイクロイックミラー又はプリズムで構成される
 請求項1～9のいずれか1項に記載の投影装置。

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、被写体に投影画像を投影する投影装置に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献1は、医療分野において用いられる光学撮像システムを開示している。特許文献1の光学撮像システムは、術野を撮像する電子撮像装置と、手術中の術野の撮像結果の可視光像を投影するプロジェクタと、電子撮像装置及びプロジェクタの光軸を同一の光軸に揃える光学素子とを備える。特許文献1では、撮像データに対して拡大、縮小、回転及び並進などの変換を行う変換行列を用いて、同一光軸上の撮像画像と投影画像との対応関係を手術前に予め調整することにより、手術時に投影画像を正確に投影するためのキャリブレーションを行っている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】米国特許出願公開第2008/0004533号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

20

本開示の目的は、被写体の撮像画像に基づく投影画像が精度良く投影される範囲を広くすることができる投影装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本開示における投影装置は、撮像部と、投影部と、制御部と、光学部とを備える。撮像部は、被写体を撮像して撮像画像を生成する。投影部は、撮像画像に基づく投影画像を示す投影光を被写体上に照射する。制御部は、撮像画像に基づいて投影画像を制御する。光学部は、被写体から撮像部に入射する入射光の光軸と、投影部から被写体上に照射される投影光の光軸とが一致するように導光する。投影装置では、入射光に基づき撮像部が撮像する画角と、投影部が投影光を照射する画角とが一致し、撮像部と光学部間の入射光の光路長と、投影部と光学部間の投影光の光路長とが一致している。

30

【発明の効果】

【0006】

本開示における投影装置によれば、被写体の撮像画像に基づく投影画像が精度良く投影される範囲を広くすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】実施の形態1にかかる手術支援システムの構成を示す概略図

【図2】手術支援システムにおける撮像照射装置の構成を示すブロック図

【図3A】実施の形態1にかかる撮像照射装置の平面図

40

【図3B】実施の形態1にかかる撮像照射装置の側面図

【図4】撮像照射装置におけるダイクロイックミラーの調整機構の拡大図

【図5】手術支援システムにおける投影動作を説明するためのフローチャート

【図6A】手術支援システムにおける投影動作前の術野の状態を説明するための図

【図6B】手術支援システムにおける投影動作時の術野の状態を説明するための図

【図7】実施の形態1にかかる手術支援システムの位置合わせを説明するための図

【図8A】手術支援システムにおける画角と位置ずれの関係を説明するための図

【図8B】手術支援システムにおける画角に応じた位置合わせを説明するための図

【図9A】実施の形態1にかかる位置合わせ方法における治具の平面図

【図9B】位置合わせ方法における治具の撮像画像を説明するための図

50

- 【図 1 0 A】位置合わせ方法において投影された投影画像の第 1 の表示例
- 【図 1 0 B】位置合わせ方法において投影された投影画像の第 2 の表示例
- 【図 1 1 A】実施の形態 1 の変形例 1 にかかる撮像照射装置の平面図
- 【図 1 1 B】実施の形態 1 の変形例 1 にかかる撮像照射装置の側面図
- 【図 1 2 A】実施の形態 1 の変形例 2 にかかる撮像照射装置の側面図
- 【図 1 2 B】実施の形態 1 の変形例 3 にかかる撮像照射装置の側面図
- 【図 1 3】実施の形態 2 にかかる位置合わせ処理を説明するためのフローチャート
- 【発明を実施するための形態】
- 【0008】

以下、適宜図面を参照しながら、実施の形態を詳細に説明する。但し、必要以上に詳細な説明は省略する場合がある。例えば、既によく知られた事項の詳細説明や実質的に同一の構成に対する重複説明を省略する場合がある。これは、以下の説明が不必要に冗長になるのを避け、当業者の理解を容易にするためである。

【0009】

なお、出願人は、当業者が本開示を十分に理解するために添付図面および以下の説明を提供するのであって、これらによって特許請求の範囲に記載の主題を限定することを意図するものではない。

【0010】

(実施の形態 1)

1. 構成

1-1. 手術支援システムの概要

実施の形態 1 にかかる投影装置を備えた手術支援システムの概要を、図 1 を用いて説明する。図 1 は、実施の形態 1 にかかる手術支援システム 100 の構成を示す概略図である。

【0011】

手術支援システム 100 は、カメラ 210、プロジェクタ 220 及び励起光源 230 を備える。手術支援システム 100 は、手術室等において医師等が患者に対して行う手術を、投影画像を用いて視覚的にサポートするシステムである。手術支援システム 100 を使用する場合に、手術を受ける患者 120 には、予め光感受性物質が投与される。

【0012】

光感受性物質は、励起光に反応して蛍光を発する物質である。光感受性物質としては、例えば ICG (インドシアニングリーン)、5-ALA (アミノレプリン酸) 及びポリフェリンなどが用いられる。本実施形態では、光感受性物質の一例として、ICG を用いた場合を説明する。ICG は、波長 780 nm 近傍の赤外領域の励起光が照射されることにより、波長 820 ~ 860 nm の赤外領域の蛍光を発する。

【0013】

光感受性物質は、患者 120 に投与されると、血液又はリンパ液の流れが滞っている患部 130 に蓄積する。このため、励起光の照射に応じて蛍光発光する領域を検出することにより、患部 130 の領域を特定することが可能となる。

【0014】

ここで、患部 130 が発する蛍光は微弱であったり、蛍光の波長帯が非可視領域又は非可視領域近傍であったりするため、医師等は、術野 135 を目視しても、患部 130 の領域を特定することが困難である。そこで、手術支援システム 100 では、励起光源 230 から術野 135 に励起光 300 を照射し、カメラ 210 を用いて蛍光 310 を発する患部 130 の領域を特定する。さらに、特定した患部 130 が人間に視認可能となるように、プロジェクタ 220 から患部 130 に可視光の投影光 320 を照射する。これにより、特定した患部 130 の領域を可視化する投影画像が投影され、手術を行う医師等による患部 130 の領域の特定をサポートすることができる。

【0015】

1-2. 手術支援システムの構成

10

20

30

40

50

以下、手術支援システム100の構成について、図1を用いて説明する。手術支援システム100は、病院の手術室内に配置されて使用される。手術支援システム100は、撮像照射装置200と、メモリ240と、投影制御装置250とを備える。

【0016】

また、図示していないが、手術支援システム100は、撮像照射装置200の配置を変更するための機構、例えば、撮像照射装置200と機械的に接続された駆動アーム、及び手術支援システム100の一式を載置する台座のキャスターなどを備える。上記の機構により、撮像照射装置200は、患者120が対置される手術台110の鉛直上方または鉛直からある角度を持った上方に配置される。また、手術台110は、高さ及び向きを変更可能な駆動機構を備えてもよい。

10

【0017】

撮像照射装置200は、カメラ210、プロジェクタ220、及び励起光源230が一体的に組み付けられた装置である。撮像照射装置200は、図1に示すように、ダイクロイックミラー201と、スペーサ202とをさらに備える。撮像照射装置200の構成の詳細については後述する。

【0018】

メモリ240は、投影制御装置250が種々の演算を実行する際に、適宜アクセスを行う記憶媒体である。メモリ240は、例えばROM及びRAMで構成される。

【0019】

投影制御装置250は、手術支援システム100を構成する各部を統括制御する。投影制御装置250は、カメラ210、プロジェクタ220、励起光源230、及びメモリ240に電氣的に接続され、各部をそれぞれ制御するための制御信号を出力する。投影制御装置250は、例えばCPUで構成され、所定のプログラムを実行することによってその機能を実現する。なお、投影制御装置250の機能は、専用に設計された電子回路や再構成可能な電子回路(FPGA、又はASIC等)により実現されてもよい。

20

【0020】

投影制御装置250は、例えば、カメラ210による撮像画像に対して種々の画像処理を行って、投影画像を示す映像信号を生成する。投影制御装置250は、本開示における制御部の一例である、撮像照射装置200、メモリ240及び投影制御装置250は、本実施形態にかかる投影装置20を構成する。

30

【0021】

また、本実施形態において、手術支援システム100は、表示制御装置150と、ディスプレイ160と、マウス170とを備える。表示制御装置150は、例えばPC(パーソナルコンピュータ)で構成され、投影制御装置250に接続されている。

【0022】

表示制御装置150の操作者140は、例えば手術中に、カメラ210の撮像画像をディスプレイ160において確認することができる。また、操作者140は、投影画像の種々の設定(例えば蛍光の強度分布に対するしきい値)を変更することができる。

【0023】

1-3. 撮像照射装置の構成

40

次に、撮像照射装置200の構成の詳細について、図2を用いて説明する。図2は、手術支援システムにおける撮像照射装置200の構成を示すブロック図である。

【0024】

励起光源230は、光感受性物質を蛍光発光させるための励起光300を照射する光源装置である。本実施形態では、光感受性物質としてICGを用いることから、励起光源230は、ICGの励起波長を含む波長帯(例えば $780\text{nm} \pm 30\text{nm}$)を有する励起光300を照射する。励起光源230は、投影制御装置250からの制御信号に従って、励起光300の照射のON/OFFを切り替える。なお、励起光源230は、撮像照射装置200(或いは投影装置20)とは別体で構成されてもよい。

【0025】

50

カメラ 210 は、患者 120 の術野 135 などの被写体を撮像して撮像画像を生成する。カメラ 210 は、生成した撮像画像を投影制御装置 250 に伝送する。本実施形態では、カメラ 210 として、可視光領域とともに ICG の蛍光 820 nm ~ 860 nm の波長帯の光に基づき撮像可能な赤外カメラを用いる。カメラ 210 は、本実施形態における撮像部の一例である。カメラ 210 は、図 2 に示すように、撮像素子 211 と、望遠レンズ 212 と、光学フィルタ 213 とを備える。

【0026】

撮像素子 211 は、例えば CCD イメージセンサ又は CMOS イメージセンサなどで構成される。撮像素子 211 は、望遠レンズ 212 から入射する光が結像する撮像面を有する。

10

【0027】

望遠レンズ 212 は、カメラ 210 の画角を設定するズームレンズ、及びフォーカスを調整するフォーカスレンズを含む。望遠レンズ 212 は、カメラ 210 における撮像光学系の一例である。望遠レンズ 212 に代えて、標準レンズ、中望遠レンズ又は超望遠レンズが用いられてもよい。

【0028】

光学フィルタ 213 は、バンドパスフィルタ、及びバンドパスフィルタの切替え機構を備えて構成される。図 2 に示すように、光学フィルタ 213 は、望遠レンズ 212 の入射面に配置される。バンドパスフィルタは、入射する光のうちで、ICG などの光感受性物質から蛍光が生じ得る波長帯成分（例えば $850 \text{ nm} \pm 12.5 \text{ nm}$ ）を透過し、他の波長帯成分を遮断する。切替え機構は、光学フィルタ 213 のオン/オフに応じて、望遠レンズ 212 への入射光に対するバンドパスフィルタの挿入/抜去を切り替える。

20

【0029】

プロジェクタ 220 は、例えば DLP 方式、3LCD 方式又は LCOS 方式などのプロジェクタである。プロジェクタ 220 は、投影制御装置 250 から入力される映像信号に基づく投影画像を可視光で投影するように、投影光 315 を出射する。プロジェクタ 220 は、本実施形態における投影部の一例である。プロジェクタ 220 は、図 2 に示すように、投影光源 221 と、画像形成部 222 と、投影光学系 223 とを備える。

【0030】

投影光源 221 は、例えば LD（半導体レーザ）、LED 又はハロゲンランプなどで構成される。投影光源 221 は、可視光を画像形成部 222 に照射する。投影光源 221 は、プロジェクタ 220 の投影方式に応じて適宜、単色の光源素子のみを有してもよいし、RGB 等の複数色の光源素子、或いは白色の光源素子を有してもよい。

30

【0031】

画像形成部 222 は、DMD 又は LCD などの空間光変調素子を備える。画像形成部 222 は、空間光変調素子における画像形成面に、投影制御装置 250 からの映像信号に基づく画像を形成する。投影光源 221 からの光が、画像形成部 222 に形成された画像に応じて空間的に変調されることにより、投影光 315 が生成される。

【0032】

投影光学系 223 は、プロジェクタ 220 の画角を設定するズームレンズ、及びフォーカスを調整するフォーカスレンズを含む。また、投影光学系 223 には、各種のレンズ位置をシフトするレンズシフト機構が組み込まれていてもよい。

40

【0033】

なお、プロジェクタ 220 は、例えば台形補正およびレンズシフト機能などのプロジェクタ 220 特有の機能を実現する投影制御回路を有してもよい。また、上記の各機能は、投影制御装置 250 において実現されてもよい。

【0034】

また、プロジェクタ 220 は、レーザ走査式であってもよく、走査方向に駆動可能な EMS ミラー或いはガルバノミラーを備えて構成されてもよい。

【0035】

50

ダイクロイックミラー 201 は、入射する光のうち特定の波長帯成分を透過する一方、その他の波長帯成分を反射する光学特性を有する光学素子である。本実施形態において、ダイクロイックミラー 201 は (ICG の蛍光を含む) 650 nm を上回る波長帯成分の光を透過し、(可視光を含む) 650 nm を下回る波長帯成分の光を反射する。ダイクロイックミラー 201 は、本実施形態における光学部の一例である。光学部の光学特性は、使用する光感受性物質の蛍光特性に応じて適宜、設定可能である。

【0036】

図 2 に示すように、ダイクロイックミラー 201 は、カメラ 210 と、プロジェクタ 220 とのそれぞれに対向して配置される。ダイクロイックミラー 201 は、上記の光学特性により、カメラ 210 の撮像面に向かう蛍光 310 を透過する一方、プロジェクタ 220 から照射された投影光 315 を反射する。反射した投影光 320 は、術野 135 上に照射される。

10

【0037】

本実施形態では、ダイクロイックミラー 201 は、術野 135 からの蛍光 310 などのカメラ 210 に入射する入射光の光軸と、術野 135 上に投影画像を投影する投影光 320 の光軸とが、光軸 J1 において一致するように導光する。これにより、カメラ 210 の撮像画像に基づく投影画像の位置ずれを低減することができる。

【0038】

なお、本開示における光軸の一致には、適宜、許容誤差が設定されてもよい。例えば、角度が ± 5 度の範囲内、或いは光軸の間隔が 1 cm の範囲内の許容誤差において、各光軸が一致してもよい。

20

【0039】

1-4. 調整機構について

本実施形態において、撮像照射装置 200 は、投影画像の位置合わせを行うための各種調整機構を備えている。以下、図 3A, 3B 及び図 4 を用いて、撮像照射装置 200 における調整機構について説明する。

【0040】

図 3A, 3B は、本実施形態にかかる撮像照射装置 200 の平面図及び側面図である。図 4 は、撮像照射装置 200 におけるダイクロイックミラー 201 の回転位置の調整機構の拡大図である。図 3A ~ 4 において、J2 は、プロジェクタ 220 からの投影光の、ダイクロイックミラー 201 による反射前の光軸を示す。また、以下では、光軸 J2 に平行な方向を「X 方向」、光軸 J1 に平行な方向を「Z 方向」、光軸 J1, J2 に直交する方向を「Y 方向」とする。

30

【0041】

本実施形態において、プロジェクタ 220 は、図 3A に示すように、Y 方向にシフト可能に構成されている。プロジェクタ 220 をシフトさせる調整機構は、プロジェクタ 220 の筐体において、基板 203 に対する組み付け部分に設けられた長孔 220a 及び固定ねじ 220b によって構成される。長孔 220a の長手方向は Y 軸方向に向いている。

【0042】

長孔 220a に沿ってプロジェクタ 220 をシフトさせることにより、プロジェクタ 220 からダイクロイックミラー 201 までの投影光の光路長を維持しながら、ダイクロイックミラー 201 で反射された投影光の投影位置を Y 方向にずらすことができる。本機構は、本開示における第 1 の調整部の一例である。

40

【0043】

なお、図 3A では、プロジェクタ 220 の筐体が、光軸 J2 に対して所定の傾き (7 度程度) を有する。特にこれに限らず、プロジェクタ 220 の筐体は、光軸 J2 に対して平行であってもよい。

【0044】

また、本実施形態において、カメラ 210 とダイクロイックミラー 201 は、図 3B に示すように、Z 方向においてスペーサ 202 を介して対向している。スペーサ 202 は、

50

2つの鏡筒202a, 202bと、固定ねじ202cとを備える。

【0045】

鏡筒202bは、ダイクロイックミラー201に固定されている。鏡筒202aは、鏡筒202bに対して、Z方向において直動可能に係合している。鏡筒202aが直動することにより、カメラ210とダイクロイックミラー201との間隔が伸縮する。固定ねじ202cは、鏡筒202bに対する鏡筒202aの位置を固定する。スペーサ202により、カメラ210に入射する光の光路長を適宜、調整することができる。スペーサ202は、本実施形態における第2の調整部の一例である。

【0046】

また、本実施形態において、ダイクロイックミラー201は、図3Bに示すように、Y軸方向と平行な回転軸201aの周りに回転可能に構成されている。回転軸201aは、光軸J1, J2の交点に位置している。回転軸201aでダイクロイックミラー201を回転させることにより、プロジェクタ220からダイクロイックミラー201までの投影光の光路長を維持しながら、ダイクロイックミラー201で反射された投影光の投影位置をX方向にずらすことができる。

【0047】

ダイクロイックミラー201の回転位置の調整機構は、図4に示すように、回転軸201a、押しネジ201b、ミラー固定部201c、及びロックねじ201d、201eで構成される。ミラー固定部201cは、ダイクロイックミラー201の両側に設けられる。ロックねじ201d、201eは、回転軸201aの両側に位置し、ねじを締めることでミラー固定部201cを固定し、ダイクロイックミラー201の回転を規制する。押しネジ201bは、2つのロックねじ201d、201eの内の一方のロックねじ201dの側から、ミラー固定部201cを介してダイクロイックミラー201を押しつけている。

【0048】

ダイクロイックミラー201の回転角度の調整は、ロックねじ201d、201eを緩めた状態において、押しネジ201bによる押し込み量を変化させることによって行われる。これにより、ダイクロイックミラー201の回転角度を精密に調整することが可能となる。

【0049】

また、カメラ210の配置をXY平面上で回転させるために、鏡筒202aが、鏡筒202bに対して回転可能に構成されてもよい。この場合、カメラ210の光軸J1と鏡筒202aの回転軸とを一致させておく。鏡筒202aの回転位置は、固定ねじ202cによって固定されてもよい。上記のダイクロイックミラー201の回転位置の調整機構、及びカメラ210をXY平面上で回転させる機構は、それぞれ本実施形態における第1の調整部の一例である。

【0050】

2. 動作

以下、本実施形態にかかる手術支援システム100の動作について説明する。

【0051】

2-1. 手術支援システムの基本的な投影動作

手術支援システム100の基本的な投影動作について、図5, 6A, 6Bを用いて説明する。図5は、手術支援システム100における基本的な投影動作を説明するためのフローチャートである。図6Aは、投影動作を行う前の手術支援システム100における術野135の状態を示す。図6Bは、図6Aの術野135に対して投影動作を行った状態を示す。

【0052】

図5のフローチャートは、投影制御装置250によって実行される。本フローチャートによる処理は、カメラ210において光学フィルタ213がオンの状態で行われる。

【0053】

10

20

30

40

50

図5のフローチャートにおいて、まず、投影制御装置250は、励起光源230を駆動して、図6Aに示すように、励起光300を術野135に照射する(S1)。励起光300の照射により、術野135における患部130が蛍光発光し、患部130からの蛍光310が撮像照射装置200に入射する。

【0054】

撮像照射装置200において、蛍光310は図2に示すように、ダイクロイックミラー201を透過し、カメラ210の光学フィルタ213を透過する。これにより、カメラ210は、撮像素子211において蛍光310を受光する。

【0055】

次に、投影制御装置250は、例えばカメラ210を制御して術野135を撮像させ、カメラ210から撮像画像を取得する(S2)。撮像画像には、患部130が発した蛍光310に基づく蛍光像が含まれる。

10

【0056】

次に、投影制御装置250は、取得した撮像画像に基づく投影画像を生成するための画像処理を行う(S3)。投影制御装置250は、撮像画像中の蛍光像に対応する画像を生成し、映像信号としてプロジェクタ220に出力する。

【0057】

ステップS3の画像処理において、投影制御装置250は、例えば、撮像画像における受光強度の分布に対して所定のしきい値に基づき二値化を行い、撮像画像中の蛍光像の領域を抽出する。次いで、投影制御装置250は、メモリ240に格納された各種パラメータを参照し、抽出した領域を含む画像に対してシフト、回転、及び拡大/縮小などの座標変換、並びに画像の歪み等の補正などを行う。これにより、撮像画像中の蛍光像に応じた特定の領域を表す画像が生成される。

20

【0058】

次に、投影制御装置250は、生成した映像信号に基づく投影画像を投影するように、プロジェクタ220を制御する(S4)。投影制御装置250の制御により、プロジェクタ220において、投影制御装置250からの映像信号に応じた画像が、画像形成部222の画像形成面上に形成される。プロジェクタ220は、可視光で画像形成面上の画像を表す投影光315を生成するように投影光源221を駆動し、投影光学系223を介してダイクロイックミラー201に投影光315を出射する(図2参照)。

30

【0059】

ダイクロイックミラー201は、図2に示すように、可視光である投影光315を反射し、光軸J1に沿って投影光320を出射する。これにより、図6Bに示すように、撮像照射装置200は術野135に投影光320を照射し、投影画像G320が、術野135における患部130に投影される。投影画像G320は、例えば単色で一階調の画像である。

【0060】

以上の処理は、所定の周期(例えば1/60~1/30秒)で繰り返し実行される。

【0061】

以上の処理により、投影制御装置250が、カメラ210の撮像画像に基づき蛍光発光する患部130の領域を特定し、プロジェクタ220から可視光の投影画像G320が患部130に投影される。これにより、手術支援システム100において、目視では視認することが困難な患部130を可視化することができる。手術支援システム100により、医師等は患部130のリアルタイムの状態を視認することができる。

40

【0062】

以上の説明では、投影画像G320が単色で一階調の画像の例を説明した。投影制御装置250は、例えば複数のしきい値を用いて撮像画像中の蛍光像の領域を多段階で判定することにより、多階調の投影画像を生成してもよい。また、投影制御装置250は、撮像画像における受光強度の分布を連続的に再現するように、投影画像を生成してもよい。また、投影画像は、単色に限らず、複数色あるいはフルカラーで生成されてもよい。

50

【 0 0 6 3 】

2 - 2 . 位置合わせ動作

2 - 2 - 1 . 概要

手術支援システム 1 0 0 は、上述のとおり、カメラ 2 1 0 の撮像画像に基づきプロジェクタ 2 2 0 から投影画像 G 3 2 0 を投影することにより、手術中に目視では視認し難い患部 1 3 0 を可視化する（図 6 A , 6 B 参照）。本システム 1 0 0 では、使用時（手術中）に投影画像 G 3 2 0 によって誤りなく患部 1 3 0 を可視化するために、予め、カメラ 2 1 0 の撮像画像とプロジェクタ 2 2 0 の投影画像との位置合わせが行われる。

【 0 0 6 4 】

図 7 は、本実施形態に係る手術支援システム 1 0 0 の位置合わせを説明するための図である。図 7 では、作業員 4 4 0 が、手術支援システム 1 0 0 における位置合わせを行う様子を例示している。位置合わせは、例えば製造時、メンテナンス時および使用前のキャリブレーションなどで行われる。

10

【 0 0 6 5 】

図 7 では、投影制御装置 2 5 0 に、P C 等の情報処理装置 4 5 0 が接続されている。また、情報処理装置 4 5 0 には、ディスプレイ 4 6 0 及びマウス 4 7 0 等が接続されている。図 7 の例において、作業員 4 4 0 は、情報処理装置 4 5 0 を介して手術支援システム 1 0 0 における種々のパラメータを変更することによって位置合わせを行っている。

【 0 0 6 6 】

また、図 7 の例では、治具 5 0 0 が、作業員 4 4 0 は、手術中に被写体（患者 1 2 0 ）が位置すると想定される基準高さの基準位置 P 0 に設置され、治具 5 0 0 を基準として位置合わせが行われている。また、光軸 J 1 と平行な Z 方向を、手術支援システム 1 0 0 における高さ方向としている。

20

【 0 0 6 7 】

手術支援システム 1 0 0 では、高さ方向（Z 方向）における可動域を広く確保しながら投影動作を行うことが求められる。例えば、図 1 に示すように、患者 1 2 0 の体には厚みがあるので、手術中の投影画像 G 3 2 0 （図 2 B ）は、高さ方向の所定範囲（例えば 4 0 c m ）に渡って、精度良く投影される必要がある。また、手術中に、患者 1 2 0 の体の向きを変えたり、施術者が交代したりする等の事情により、手術台 1 1 0 及び撮像照射装置 2 0 0 の高さを変更することもある。そこで、本実施形態では、投影画像が精度良く投影される高さ方向の範囲を広くすることができる投影装置 2 0 を提供する。

30

【 0 0 6 8 】

2 - 2 - 2 . 画角と位置ずれについて

本実施形態では、図 7 に示すように、カメラ 2 1 0 とプロジェクタ 2 2 0 とが、ダイクロミックミラー 2 0 1 を介して、同じ光軸 J 1 上で撮像又は投影を行うように、位置合わせが行われる。

【 0 0 6 9 】

本発明者の鋭意検討の結果、カメラ 2 1 0 の光軸とプロジェクタ 2 2 0 の光軸とを同一光軸 J 1 に一致させながら位置合わせを行ったとしても、それぞれの画角に応じて位置ずれが生じてしまうということが明らかになった、以下、図 8 A を用いて、画角と位置ずれの関係について説明する。

40

【 0 0 7 0 】

図 8 A は、手術支援システム 1 0 0 における画角と位置ずれの関係を説明するための図である。位置合わせにおける基準位置 P 0 の基準高さ Z 0 は、適宜、手術支援システム 1 0 0 の使用時状態を考慮して、所定の高さに設定される。基準位置 P 0 において位置合わせを行うことにより、カメラ 2 1 0 によって撮像される領域全体とプロジェクタ 2 2 0 から投影可能な領域全体とが合致する。これにより、高さ Z 0 近傍の被写体には、撮像画像に基づき投影画像を精度良く投影可能になる。

【 0 0 7 1 】

ここで、上記のような位置合わせにおいて、図 8 A に示すように、カメラ 2 1 0 の画角

50

c' とプロジェクタ 220 の画角 p' とが一致しない場合が想定される。この場合、被写体の高さが基準高さ Z0 からずれていると、高さのずれ Z に応じて、撮像画像との投影画像との間に位置ずれ D が生じてしまう。また、この場合、撮像画像に基づき精度良く投影画像を投影可能な範囲が基準位置 Z0 近傍に限定され、手術支援システム 100 の可動域が狭くなってしまう。

【0072】

以上の知見に基づき、本発明者は鋭意検討を重ね、本実施形態にかかる位置合わせ方法およびこれを実現する投影装置 20 を発案するに至った。以下、図 8 B を用いて、本実施形態にかかる投影装置 20 による位置合わせについて説明する。

【0073】

本実施形態では、図 8 B に示すように、基準位置 Z0 における同一の光軸 J1 上の位置合わせにおいて、カメラ 210 の画角 c とプロジェクタ 220 の画角 p とを一致させる。また、同一の画角 $c = p$ による位置合わせを実現するために、本実施形態に係る撮像照射装置 200 (投影装置 20) では、スペーサ 202 を用いて、ダイクロイックミラー 201 とプロジェクタ 220 の間の光路長 L_p と、カメラ 210 とダイクロイックミラー 201 の間の光路長 L_c とを一致させておく。

【0074】

光路長 L_p は、例えば、ダイクロイックミラー 201 の反射面と光軸 J1 との交点 P1 から、プロジェクタ 220 における投影光学系 223 の主点 Pp までの光路長である。光路長 L_c は、例えば、カメラ 210 における望遠レンズ 212 (撮像光学系) の主点 Pc からダイクロイックミラー 201 上の交点 P1 までの光路長である。光路長 L_c , L_p は、カメラ 210 及びプロジェクタ 220 の光学特性、撮像素子 211 のサイズ、画像形成部 222 の空間光変調素子のサイズ、基準位置 P0 の高さ並びに撮像 (投影) 対象の領域のサイズ等に基づき、適宜、設定されてもよい。

【0075】

図 8 B に示すように、同軸 J1 上で同画角 $p = c$ において位置合わせすることにより、基準高さ Z0 からずれた高さ Z1 , Z2 においても、カメラ 210 に撮像される領域全体とプロジェクタ 220 から投影可能な領域全体とが合致する。これにより、撮像画像に応じた投影画像を精度良く投影可能な範囲が基準高さ Z0 近傍から広がり、手術支援システム 100 の可動域を広げることができる。

【0076】

なお、本開示において、同光路長 $L_p = L_c$ (又は同画角 $p = c$) は、両者が必ずしも厳密に一致することを意図しておらず、実用上差し支えない範囲内であれば厳密に一致していなくてもよい。例えば、光路長 L_p , L_c 同士 (又は画角 p , c 同士) が 90% の範囲で一致していれば、光路長 (又は画角) が一致していることとしてもよい。

【0077】

また、本実施形態では、同軸 J1 , 同画角 $p = c$ で且つ同光路長 $L_p = L_c$ の状態において撮像画像と投影画像の位置合わせが為されるように、撮像照射装置 200 に種々の調整機構が設けられている。以下、本実施形態における調整機構を用いた位置合わせ方法について説明する。

【0078】

2 - 2 - 3 . 位置合わせ方法について

本実施形態にかかる位置合わせ方法では、撮像照射装置 200 に設けた種々の調整機構を用いて粗調整を行い、さらに、投影制御装置 250 における画像処理に寄り微調整を行う。以下、本実施形態にかかる位置合わせ方法について、図 7 , 9 A ~ 10 B を用いて説明する。

【0079】

図 7 に示すように、まず、作業者 440 は、光軸 J1 が治具 500 の中心に位置するように、治具 500 を基準位置 P0 に設置する。また、基準位置 P0 の高さは、基準高さ Z0 である。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 0 】

図 9 A は、本実施形態に係る位置合わせ方法における治具 5 0 0 の平面図である。図 9 A に示すように、治具 5 0 0 は、アスペクト比 $D Y / D X$ を有する枠型の部材である。治具 5 0 0 の寸法 $D X$, $D Y$ は、基準高さ $Z 0$ 及び撮像照射装置 2 0 0 の X 方向及び Y 方向の画角に応じて設計されている。また、本実施形態では、カメラ 2 1 0 及びプロジェクタ 2 2 0 のアスペクト比が同一になるように設定されている。

【 0 0 8 1 】

次に、作業員 4 4 0 は、基準位置 $P 0$ の治具 5 0 0 に対してカメラ 2 1 0 の位置合わせを行う。カメラ 2 1 0 の位置合わせは、ディスプレイ 4 6 0 に表示される治具 5 0 0 の撮像画像に基づき行われる。図 9 B は、カメラ 2 1 0 による治具 5 0 0 の撮像画像 $I m 1$ を説明するための図である。

10

【 0 0 8 2 】

図 9 B では、撮像画像 $I m 1$ に治具 5 0 0 の内枠が映った状態を示している。作業員 4 4 0 は、例えば図 9 B に示すような撮像画像 $I m 1$ が得られるように、望遠レンズ 2 1 2 のズーム値を調整する。ここで、撮像画像 $I m 1$ 中の治具 5 0 0 の回転位置がずれている場合には、適宜、カメラ 2 1 0 又は治具 5 0 0 の回転位置を変更する。

【 0 0 8 3 】

作業員 4 4 0 は、図 9 B に示すような撮像画像 $I m 1$ が得られた状態で、カメラ 2 1 0 のフォーカスを合わせる。

【 0 0 8 4 】

次に、作業員 4 4 0 は、各種調整機構を用いることにより、プロジェクタ 2 2 0 の位置合わせを行う。プロジェクタ 2 2 0 の位置合わせは、撮像画像 $I m 1$ に基づき投影される投影画像を用いて行われる。図 1 0 A , B は、基準位置 $P 0$ に投影された投影画像 $G 5 0 0$ の表示例である。

20

【 0 0 8 5 】

図 1 0 A , B に例示した投影画像 $G 5 0 0$ は、図 9 の撮像画像 $I m 1$ に対して投影制御装置 2 5 0 による画像処理が行われることにより、プロジェクタ 2 2 0 から基準位置 $P 0$ に投影される。また、ディスプレイ 4 6 0 には、撮像画像 $I m 1$ において撮像される撮像領域 $R m 1$ の状態が映し出される。

【 0 0 8 6 】

作業員 4 4 0 は、例えばディスプレイ 4 6 0 に映し出された画像に基づき、投影画像 $G 3 2 0$ のサイズが撮像画像 $I m 1$ のサイズと同等の大きさになるように、投影光学系 2 2 3 のズーム値を調整する。これにより、カメラ 2 1 0 の画角とプロジェクタ 2 2 0 の画角とを略一致させることができる。なお、作業員 4 4 0 は、基準位置 $P 0$ に実際に投影されている投影画像 $G 3 2 0$ を見ながら、ズーム値の調整を行ってもよい。

30

【 0 0 8 7 】

図 1 0 A の例では、治具 5 0 0 (或いは撮像領域 $R m 1$) と投影画像 $G 5 0 0$ との向きがずれている。このような場合、作業員 4 4 0 は、例えばカメラ 2 1 0 及び治具 5 0 0 を回転させることにより、治具 5 0 0 と投影画像 $G 5 0 0$ との向きを揃える。すると、図 1 0 B に示すように、治具 5 0 0 に対して投影画像 $G 5 0 0$ の投影位置がずれた状態になる。

40

【 0 0 8 8 】

作業員 4 4 0 は、治具 5 0 0 と投影画像 $G 5 0 0$ との向きが揃った状態で、X , Y 方向それぞれにおいて投影画像 $G 3 2 0$ の投影位置を調整する。具体的に、作業員 4 4 0 は、回転軸 2 0 1 a (図 3 B 参照) の周りにダイクロイックミラー 2 0 1 を回転させることにより、投影画像 $G 5 0 0$ を X 方向に移動させる。また、作業員 4 4 0 は、長孔 2 2 0 a (図 3 A 参照) に沿ってプロジェクタ 2 2 0 をシフトさせることにより、投影画像 $G 5 0 0$ を Y 方向に移動させる。

【 0 0 8 9 】

また、作業員 4 4 0 は、PC 4 5 0 を介して投影制御装置 2 5 0 に、投影画像 $G 3 2 0$

50

の台形補正を適宜、実行させる。作業者440は、投影画像G500の投影位置が所定の誤差の範囲内（例えば5mm）で治具500と一致したと判断した場合に、プロジェクタ220による投影画像G500を合わせる。所定の誤差は、各種調整機構による調整では、投影画像G320が撮像領域Rm1に一致しきれないと想定される誤差である。

【0090】

本実施形態にかかる位置合わせ方法では、上記のように各種調整機構を用いて、所定の範囲内にまで投影画像G320を撮像領域Rm1に一致させた上で、僅かに残る誤差に対して画像処理における微調整を行う。具体的に、作業者440は、ディスプレイ460の表示において投影画像G500が撮像領域Rm1に正確に一致するように、撮像画像Im1に基づく投影画像G500の補正量を決定する。補正量は、例えば、XY位置のシフト量、回転量、サイズ比率、歪み補正值などである。作業者440は、PC450を介して投影制御装置250に、決定した各種補正量をメモリ240に格納させる。また、調整済みのズーム値なども、メモリ240に格納される。

10

【0091】

以上の方法により、スペーサ202で設定した光路長Lcにおいて同軸J1で且つ同画角 $c = p$ の位置合わせが行われ、投影画像が精度良く投影される高さ方向の範囲を広くすることができる。

【0092】

3. 効果等

以上の手術支援システム100における投影装置20は、カメラ210と、プロジェクタ220と、投影制御装置250と、ダイクロイックミラー201とを備える。カメラ210は、被写体である術野135の患部130を撮像して撮像画像を生成する。プロジェクタ220は、撮像画像に基づく投影画像を示す投影光320を被写体上に照射する。投影制御装置250は、撮像画像に基づいて投影画像を制御する。ダイクロイックミラー201は、術野135からカメラ210に入射する入射光（患部130が発した蛍光310）の光軸J1と、プロジェクタ220から術野135上に照射される投影光320の光軸J1とが一致するように導光する。投影装置20では、入射光に基づきカメラ210が撮像する画角 c と、プロジェクタ220が投影光を照射する画角 p とが一致し、カメラ210とダイクロイックミラー201間の入射光の光路長Lcと、プロジェクタ220とダイクロイックミラー201間の投影光315の光路長Lpとが一致している。

20

30

【0093】

以上の投影装置20によると、同一の光軸J1上でカメラ210の画角 c とプロジェクタ220の画角 p が一致した状態において、光路長Lcと光路長Lpとが一致している。このため、光軸J1方向の広い範囲に渡って位置ずれが低減され、被写体の撮像画像に基づく投影画像が精度良く投影される範囲を広くすることができる。

【0094】

また、本実施形態における投影装置20は、カメラ210、プロジェクタ220及びダイクロイックミラー201のそれぞれの位置並びに向きのうちの少なくとも一つを調整可能に構成される各種調整機構201a~201c、220a、220b（第1の調整部）をさらに備える。これにより、同軸J1、同画角 $c = p$ 及び同光路長 $Lc = Lp$ の状態で投影画像の位置合わせを行い易くすることができる。

40

【0095】

また、本実施形態における投影装置20は、カメラ210とダイクロイックミラー201間の入射光310の光路長Lcを調整可能に構成されるスペーサ202をさらに備える。スペーサ202により、各光路長Lc、Lpを一致させて投影画像の位置合わせを行うことができる。

【0096】

なお、スペーサ202は、光路長Lcを調整可能に構成されなくてもよく、所定の寸法（Z方向の長さ）で設けられてもよい。所定の寸法は、各光学系212、222の光学特性等に基づき、同画角 $c = p$ の状態において同光路長 $Lc = Lp$ となる寸法である。

50

これにより、同画角 $c = p$ の状態において光路長 L_c , L_p が一致するように、ダイクロイックミラー 201 とカメラ 210 及びプロジェクタ 220 との間の光路が設定される。

【0097】

また、本実施形態では、スペーサ 202 (第2の調整部) はカメラ 210 とダイクロイックミラー 201 間の距離を変更することにより光路長 L_c を調整したが、距離の変更に限らず、例えばスペーサ内に光学系を設けることで、光路長 L_c を調整してもよい。また、本開示における第2の調整部は、光路長 L_c を調整するスペーサに代えて、又はこれに加えて、プロジェクタ 220 とダイクロイックミラー 201 間の投影光 320 の光路長 L_p を調整可能な機構を備えてもよい。光路長 L_c を調整するスペーサ 202 によると、プロジェクタ 220 がカメラ 210 よりも大型の場合、投影光 320 の光路長 L_p を調整可能な機構を設ける場合よりも撮像照射装置 200 を小型化可能になる。

10

【0098】

また、本実施形態において、第1の調整部 201a ~ 201c , 220a は、スペーサ 202 によって設定される光路長 L_c を維持しながらカメラ 210、プロジェクタ 220 及びダイクロイックミラー 201 のそれぞれの位置並びに向きのうちの少なくとも1つを調整可能に構成される。これにより、同光路長 $L_c = L_p$ の状態で、投影画像の位置合わせを行い易くすることができる。

【0099】

また、本実施形態において、第1の調整部 201a ~ 201c , 220a は、プロジェクタ 220 が投影光 315 を出射する X 方向と直交する Y 方向においてプロジェクタ 220 を移動可能に構成される。これにより、ダイクロイックミラー 201 までの光路長 L_p を維持しながらプロジェクタ 220 のずれを調整することができる。

20

【0100】

また、本実施形態において、ダイクロイックミラー 201 は、入射する光の内の可視光成分の進行方向を変更して出射する。第1の調整部 201a ~ 201c は、ダイクロイックミラー 201 に入射する投影光 315 の光軸 J1 とダイクロイックミラー 201 から出射する投影光 320 の光軸 J2 の交点 P1 に位置する回転軸 201a において、ダイクロイックミラー 201 を回転可能に構成される。これにより、光路長 L_p を維持しながら投影光 320 の出射方向を調整することができる。また、ダイクロイックミラー 201 の回転させる小型の機構だけで投影光 320 の出射方向を調整できる。

30

【0101】

また、本実施形態において、投影制御装置 250 は、撮像画像 I_m1 に基づく画像処理において投影画像 G500 を調整する。これにより、各種調整機構による粗調整では一致しきれない投影画像の誤差を補正することができる。

【0102】

また、本実施形態において、カメラ 210 は、カメラ 210 の画角 c を設定する望遠レンズ 212 を備える。プロジェクタ 220 は、プロジェクタ 220 の画角 p を設定する投影光学系 223 を備える。投影制御装置 250 は、画角 c と画角 p とが一致するように、望遠レンズ 212 及び投影光学系 223 を制御する。投影制御装置 250 は、種々のズーム値において同画角 $c = p$ となるように制御することができる。

40

【0103】

(変形例)

上記の実施の形態 1 では、撮像照射装置 200 においてプロジェクタ 220 をシフトさせる機構により投影画像の Y 方向の位置を調整したが、Y 方向の位置を調整する機構はこれに限らない。図 11A , 11B を用いて、Y 方向の位置を調整する機構の変形例について説明する。

【0104】

図 11A , 11B は、実施の形態 1 の変形例 1 にかかる撮像照射装置 200A の平面図及び側面図である。撮像照射装置 200A は、図 11A に示すように、XY 平面上で、光

50

軸 J 1 を回転軸としてプロジェクタ 2 2 0 を回転可能に構成されている。X Y 平面上でプロジェクタ 2 2 0 を回転する機構は、例えば、図 1 1 B に示すように、プロジェクタ 2 2 0 と基板 2 0 3 との間に設けられたスライダ 2 0 5 で構成される。

【 0 1 0 5 】

スライダ 2 0 5 は、基板 2 0 3 に対してプロジェクタ 2 2 0 を光軸 J 1 の周りに回転可能に係合する部材である。当該機構によりプロジェクタ 2 2 0 を回転させることで、ダイクロイックミラー 2 0 1 までの投影光の光路長を維持しながら、投影画像の Y 方向の投影位置を調整することができる。

【 0 1 0 6 】

また、上記の実施の形態 1 では、撮像照射装置 2 0 0 においてダイクロイックミラー 2 0 1 を光学部として用いたが、光学部はこれに限らず、入射光のうちの特定の成分の進行方向を変更する他の光学素子であってもよい。図 1 2 A , 1 2 B を用いて、光学部及びその調整機構の変形例について説明する。

10

【 0 1 0 7 】

図 1 2 A は、実施の形態 1 の変形例 2 にかかる撮像照射装置 2 0 0 B の側面図である。撮像照射装置 2 0 0 B は、ダイクロイックミラー 2 0 1 に代わる光学部として、可視光を屈折するプリズム 2 0 4 を備える。

【 0 1 0 8 】

本変形例では、プリズム 2 0 4 が固定されている一方、プロジェクタ 2 2 0 は、Z 方向に直動可能に構成されている。プロジェクタ 2 2 0 を直動させるための機構は、例えば、図 1 2 A に示すように、プロジェクタ 2 2 0 と基板 2 0 3 との間で Z 方向に伸縮可能な支持部 2 0 5 A で構成される。支持部 2 0 5 A でプロジェクタ 2 2 0 を直動させることにより、投影光がプリズム 2 0 4 から出射する位置がずれ、投影画像の X 方向の投影位置を調整することができる。

20

【 0 1 0 9 】

図 1 2 B は、実施の形態 1 の変形例 3 にかかる撮像照射装置 2 0 0 C の平面図及び側面図である。変形例 2 では、プロジェクタ 2 2 0 を Z 方向にシフトさせたが、本例では、X Z 平面上で、光軸 J 1 , J 2 の交点を回転軸としてプロジェクタ 2 2 0 を回転させる。X Z 平面上でプロジェクタ 2 2 0 を回転する機構は、例えば図 1 2 B に示すように、傾きを設定可能な支持部 2 0 5 B で構成される。支持部 2 0 5 B でプロジェクタ 2 2 0 を傾けることにより、プリズム 2 0 4 までの投影光の光路長を維持しながら、投影画像の X 方向の投影位置を調整することができる。

30

【 0 1 1 0 】

なお、変形例 2 , 3 において、投影画像の Y 方向の投影位置の調整するための機構は、適宜、設けられてもよく、例えばプロジェクタ 2 2 0 が Y 方向にシフト可能に構成されてもよいし、X Y 平面上で回転可能に構成されてもよい。

【 0 1 1 1 】

また、変形例 2 , 3 では、プリズム 2 0 4 を固定したが、プリズム 2 0 4 を動かすための機構を設けてもよい。例えば、投影画像の X 方向の投影位置を調整するために、プリズム 2 0 4 が、X Z 平面上で回転可能に構成されてもよいし、Z 方向又は X 方向にシフト可能に構成されてもよい。

40

【 0 1 1 2 】

上述した各変形例 1 ~ 3 の調整機構は、それぞれ本開示における第 1 の調整部の一例である。実施形態 1 の各種調整機構 2 0 1 a ~ 2 0 1 c , 2 0 2 , 2 2 0 a , 2 2 0 b 及び各変形例 1 ~ 3 の調整機構には、それぞれ自動的に調整可能な駆動部が組み込まれていてもよい。駆動部は、例えば直動ユニット及びアクチュエータなどで構成される。

【 0 1 1 3 】

(実施の形態 2)

実施の形態 1 では、作業者が手術支援システム 1 0 0 における位置合わせを行う例を説明したが、手術支援システム 1 0 0 における位置合わせは、各種制御装置によって自動的

50

に行われてもよい。実施の形態 2 では、投影制御装置 250 が位置合わせを行う例について説明する。

【0114】

以下、実施の形態 1 に係る手術支援システム 100 と同様の構成、動作の説明は適宜、省略して、本実施形態に係る手術支援システム 100 を説明する。

【0115】

本実施形態では、一例として、実施形態 1 で説明した各種調整機構 201a ~ 201c, 202, 220a, 220b (図 3A, 3B, 4 参照) に駆動部が組み込まれており、投影制御装置 250 が調整機構を駆動可能であることとする。

【0116】

図 13 は、本実施形態にかかる位置合わせ処理を説明するためのフローチャートである。位置合わせ処理は、投影制御装置 250 がカメラ 210 の撮像画像に基づき各種調整機構を駆動して投影画像の位置合わせを行う処理である。本実施形態において、図 13 に示す処理は、投影制御装置 250 によって実行され、治具 500 が基準位置 P0 に設置された状態において開始される (図 7, 9A 参照)。

【0117】

まず、投影制御装置 250 は、カメラ 210 に基準位置 P0 の治具 500 を撮像させ、撮像画像に基づきカメラ 210 の画角を設定する (S11)。例えば、投影制御装置 250 は、治具 500 の内枠が撮像画像 Im1 に映るように (図 9B 参照)、カメラ 210 のズーム値を調整する。

【0118】

次に、投影制御装置 250 は、撮像画像 Im1 に基づき投影画像 G500 を投影し、投影画像 G500 の撮像結果に基づきプロジェクタ 220 の画角を設定する (S12)。例えば、投影制御装置 250 は、投影画像 G500 の撮像結果に基づき投影画像 G500 のサイズを計算し、計算結果に応じてプロジェクタ 220 のズーム値を調整する。また、投影制御装置 250 は、調整済みのカメラ 210 のズーム値に基づき、プロジェクタ 220 のズーム値を設定してもよい。

【0119】

次に、投影制御装置 250 は、画角を設定した投影画像 G500 の撮像結果に基づき、所定の誤差の範囲内で投影画像 G500 が撮像領域 Rm1 に一致するように (図 10A, B 参照)、各種の調整機構を駆動する (S13)。例えば、投影制御装置 250 は、投影画像 G500 を X 方向に移動させるためにダイクロイックミラー 201 を回転させたり、Y 方向に移動させるためにプロジェクタ 220 をシフトさせたりする。

【0120】

次に、投影制御装置 250 は、上記のように各種調整機構の駆動による粗調整で僅かに残る誤差に対して画像処理における微調整を行う (S14)。具体的に、投影制御装置 250 は、投影画像 G500 が撮像領域 Rm1 に正確に一致するように、撮像画像 Im1 に基づく投影画像 G500 の補正量を算出する。

【0121】

次に、投影制御装置 250 は、例えばカメラ 210 及びプロジェクタ 220 のズーム値、並びに算出した補正量などの調整済みの各種パラメータをメモリ 240 に格納し (S15)、本処理を終了する。

【0122】

以上の処理により、投影制御装置 250 がカメラ 210 の撮像結果に基づき自動的に位置合わせを行うことができる。

【0123】

以上のように、本実施形態にかかる手術支援システム 100 において、投影制御装置 250 は、撮像画像 Im1 に基づいて、被写体上の投影画像 G500 を調整するように、第 1 の調整部を駆動する。これにより、手術支援システム 100 における位置合わせを自動で行うことができる。

10

20

30

40

50

【0124】

以上の説明では、投影画像G500を移動させるために第1の調整部が駆動された。第1の調整部に限らず、例えばカメラ210及びプロジェクタ220のズーム又はフォーカスの変更に応じて、適宜、光路長を調整するようにスペーサ202（第2の調整部）が駆動されてもよい。

【0125】

（他の実施の形態）

以上のように、本出願において開示する技術の例示として、実施の形態1, 2を説明した。しかしながら、本開示における技術は、これに限定されず、適宜、変更、置き換え、付加、省略などを行った実施の形態にも適用可能である。また、上記実施の形態1, 2で説明した各構成要素を組み合わせ、新たな実施の形態とすることも可能である。

10

【0126】

そこで、以下、他の実施の形態を例示する。

【0127】

上記の実施形態1, 2では、光感受性物質から生じる蛍光を透過するダイクロイックミラー201又はプリズム204を用いて説明したが、これに限らず、本開示における光学部として、蛍光を反射又は屈折するダイクロイックミラー又はプリズムを用いてもよい。この場合、適宜、撮像部及び投影部の配置を入れ替えてもよい。また、本開示における光学部として、所定の偏光成分の光の進行方向を変更する偏光板などを用いてもよい。この場合、光の偏光成分に応じて、撮像部又は投影部に選択的に入射させることができる。

20

【0128】

実施の形態1, 2では、手術などの医療用途を例に挙げて説明したが、本発明はこれには限らない。例えば、工事現場や採掘現場、建築現場、材料を加工する工場など、目視では状態変化を確認できないような対象物に対して作業を行う必要がある場合、本発明を適用することができる。

【0129】

具体的には、実施の形態1の医療機器に代えて、工事現場や採掘現場、建築現場、材料を加工する工場などにおける、目視では状態変化を確認できないような対象物に蛍光材料を塗布し、練りこみ、或いは流し込んで、カメラ210による撮像の対象である被写体としてもよい。発光ではなく、発熱箇所を熱センサで検出して、その部分だけ或いは、境界だけを走査するようにしてもよい。

30

【0130】

以上のように、本開示における技術の例示として、実施の形態を説明した。そのために、添付図面および詳細な説明を提供した。

【0131】

したがって、添付図面および詳細な説明に記載された構成要素の中には、課題解決のために必須な構成要素だけでなく、上記技術を例示するために、課題解決のためには必須でない構成要素も含まれ得る。そのため、それらの必須ではない構成要素が添付図面や詳細な説明に記載されていることをもって、直ちに、それらの必須ではない構成要素が必須であるとの認定をするべきではない。

40

【0132】

また、上述の実施の形態は、本開示における技術を例示するためのものであるから、特許請求の範囲またはその均等の範囲において、種々の変更、置き換え、付加、省略などを行うことができる。

【産業上の利用可能性】

【0133】

本開示における投影システムは、医療用途、工事現場、採掘現場、建築現場、材料を加工する工場など、目視では状態変化を確認しづらいような対象物に対して作業を行う際に適用可能である。

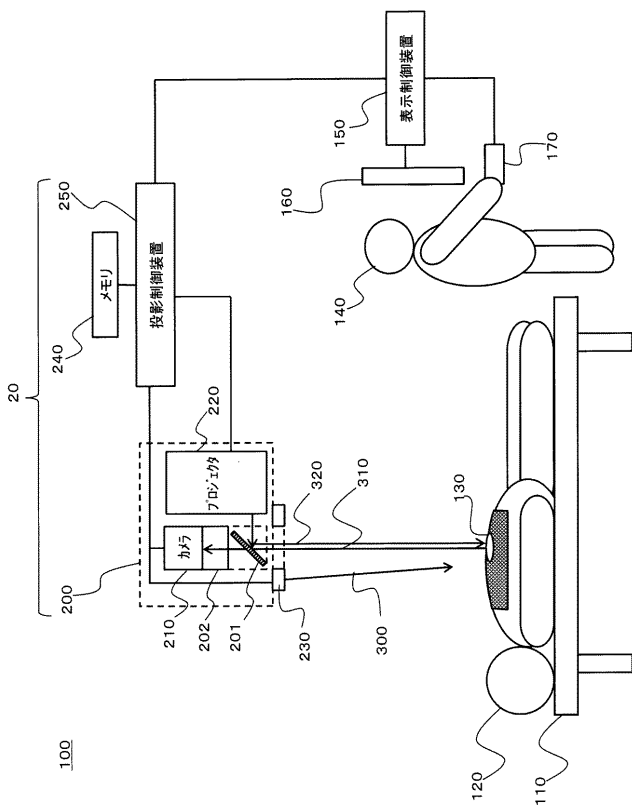
【符号の説明】

50

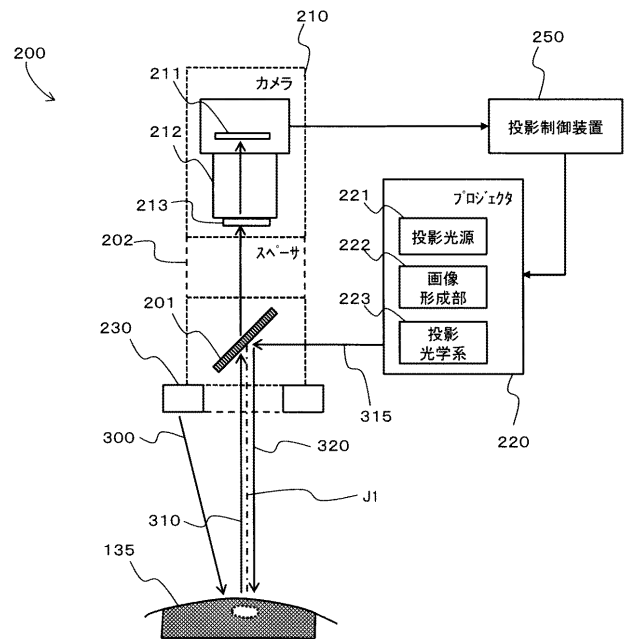
【 0 1 3 4 】

- 1 0 0 手術支援システム
- 2 0 0 撮像照射装置
- 2 0 1 ダイクロイックミラー
- 2 0 2 スペーサ
- 2 0 4 プリズム
- 2 1 0 カメラ
- 2 1 2 望遠レンズ
- 2 2 0 プロジェクタ
- 2 2 3 投影光学系
- 2 5 0 投影制御装置
- 2 0 投影装置

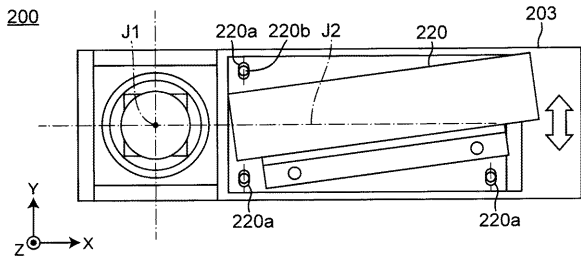
【 図 1 】



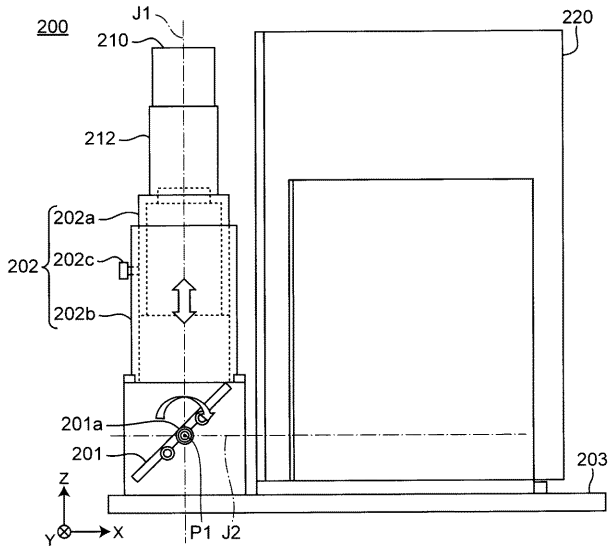
【 図 2 】



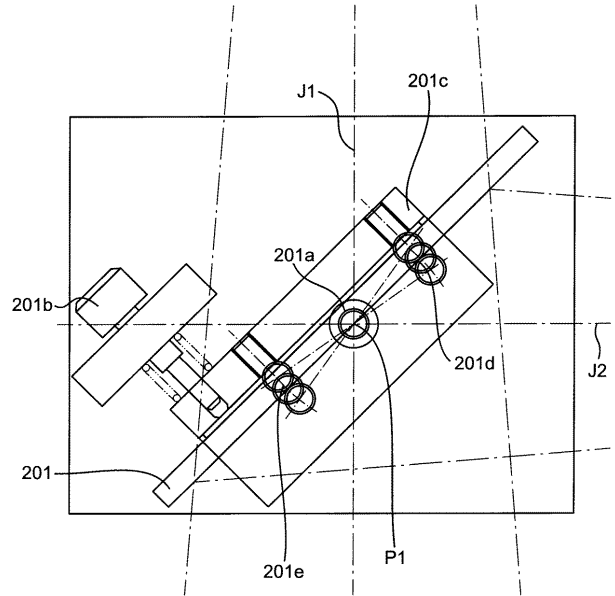
【図3A】



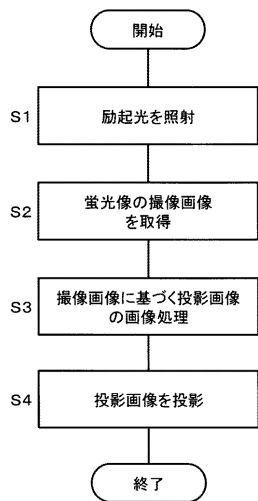
【図3B】



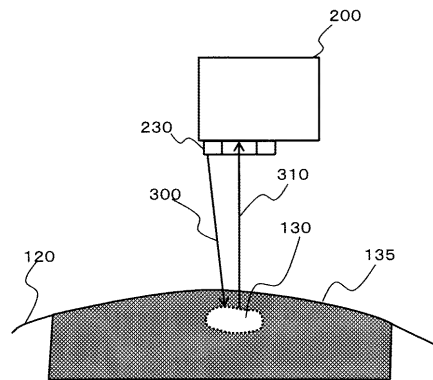
【図4】



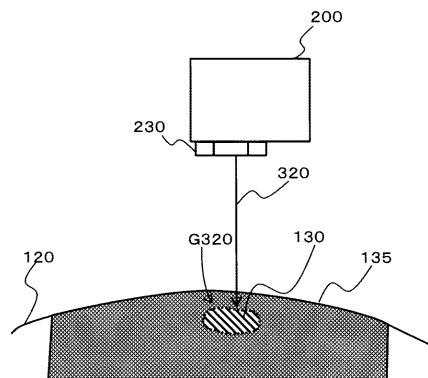
【図5】



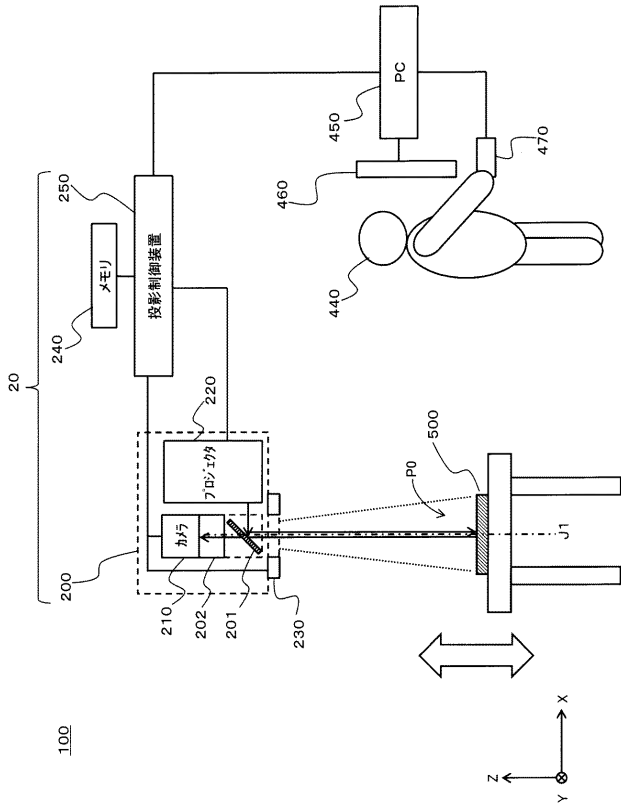
【図6A】



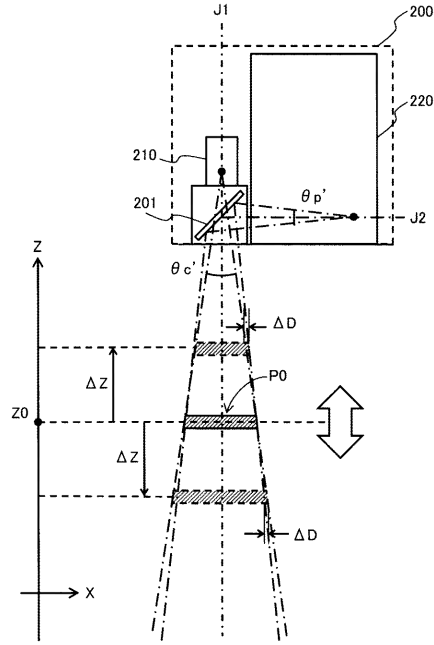
【図6B】



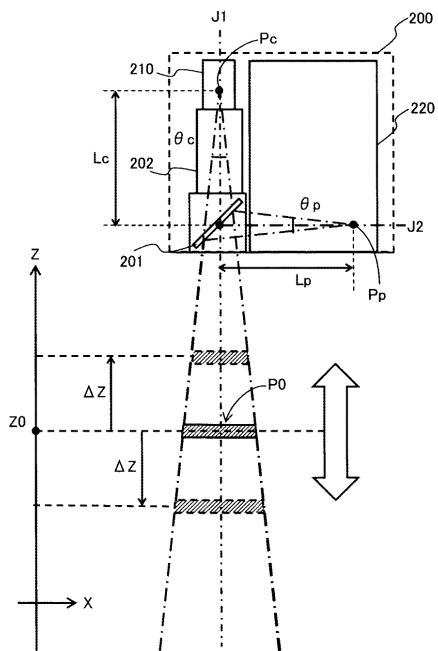
【図 7】



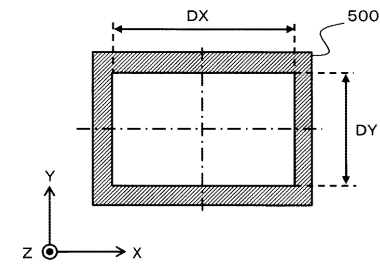
【図 8 A】



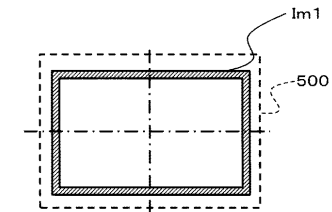
【図 8 B】



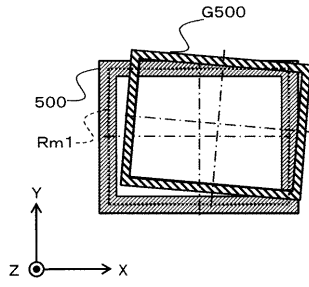
【図 9 A】



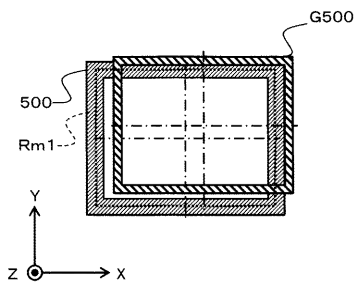
【図 9 B】



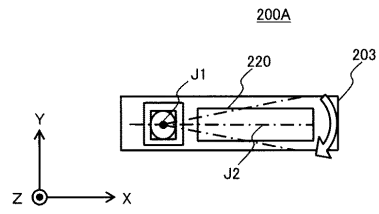
【図10A】



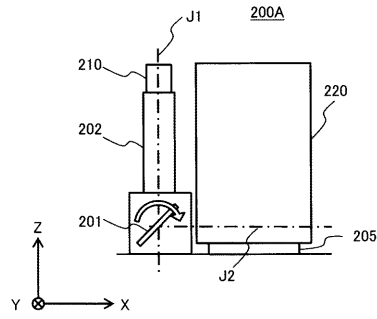
【図10B】



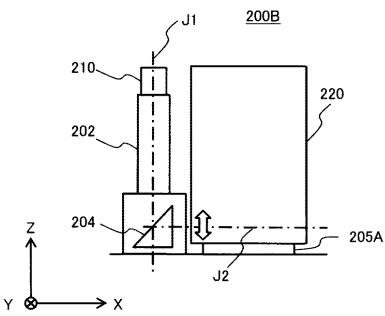
【図11A】



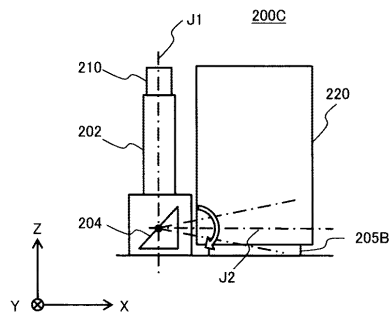
【図11B】



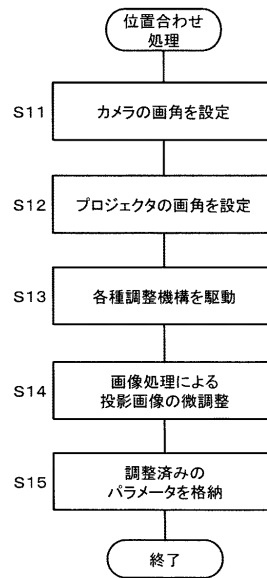
【図12A】



【図12B】



【図13】



【手続補正書】

【提出日】平成28年12月7日(2016.12.7)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

被写体を撮像して撮像画像を生成する撮像部と、
前記撮像画像に基づく投影画像を示す投影光を前記被写体上に照射する投影部と、
前記撮像画像に基づいて前記投影画像を制御する制御部と、
前記被写体から前記撮像部に入射する入射光の光軸と、前記投影部から前記被写体上に照射される投影光の光軸とが一致するように導光する光学部とを備え、
前記入射光に基づき前記撮像部が撮像する画角と、前記投影部が前記投影光を照射する画角とが一致し、
前記撮像部と光学部間の入射光の光路長と、前記投影部と光学部間の投影光の光路長とが一致しており、
前記撮像部、投影部及び光学部のそれぞれの位置並びに向きのうちの少なくとも1つを調整可能に構成される第1の調整部をさらに備え、
前記光学部は、入射する光の内の所定の成分の進行方向を変更して出射し、
前記第1の調整部は、前記光学部に入射する光の光軸と前記光学部から出射する光の光軸の交点に位置する回転軸において、前記光学部を回転可能に構成される
投影装置。

【請求項2】

前記撮像部と光学部間の入射光の光路長および前記投影部と光学部間の投影光の光路長のうちの少なくとも一方を調整可能に構成される第2の調整部をさらに備える
請求項1に記載の投影装置。

【請求項3】

前記第1の調整部は、前記第2の調整部によって調整される光路長を維持しながら前記撮像部、投影部及び光学部のそれぞれの位置並びに向きのうちの少なくとも1つを調整可能に構成される
請求項2に記載の投影装置。

【請求項4】

前記第1の調整部は、前記投影部が前記投影光を出射する方向と直交する方向において前記投影部を移動可能に構成される
請求項1～3のいずれか1項に記載の投影装置。

【請求項5】

前記制御部は、前記撮像画像に基づいて、前記被写体上の投影画像を調整するように、前記第1の調整部を駆動する
請求項1～4のいずれか1項に記載の投影装置。

【請求項6】

前記制御部は、前記撮像画像に基づく画像処理において前記投影画像を調整する
請求項1～5のいずれか1項に記載の投影装置。

【請求項7】

前記撮像部は、前記撮像部の画角を設定する撮像光学系を備え、
前記投影部は、前記投影部の画角を設定する投影光学系を備え、
前記制御部は、前記撮像部の画角と前記投影部の画角とが一致するように、撮像光学系及び投影光学系を制御する
請求項1～6のいずれか1項に記載の投影装置。

【請求項 8】

前記光学部は、ダイクロイックミラー又はプリズムで構成される
請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の投影装置。

フロントページの続き

(51) Int. Cl. F I テーマコード (参考)
A 6 1 B 5/01 (2006.01) A 6 1 B 5/00 1 0 1 K

F ターム (参考) 2K203 FA80 FA82 GB32 GB46 GB47 GB48 GB62 GB69 GC09 GC10
HA14 HA82 HB09 KA56 KA72 MA23 MA30
4C117 XA04 XE42 XF03
5C058 BA31 EA11