

(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
2020年9月17日(17.09.2020)



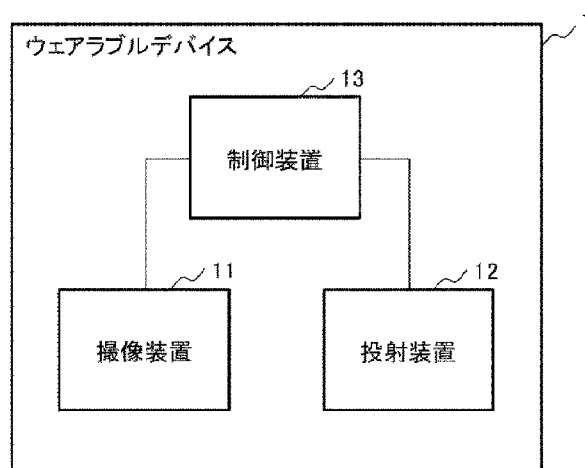
(10) 国際公開番号

WO 2020/184100 A1

- (51) 国際特許分類:
H04N 5/74 (2006.01) *G09G 5/00* (2006.01)
G03B 21/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/006427
- (22) 国際出願日: 2020年2月19日(19.02.2020)
- (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 2019-046024 2019年3月13日(13.03.2019) JP
- (71) 出願人: NECプラットフォームズ株式会社
(**NEC PLATFORMS, LTD.**) [JP/JP]; 〒2138511
神奈川県川崎市高津区北見方二丁目
6番1号 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 奥村 藤男 (**OKUMURA Fujio**);
〒2138511 神奈川県川崎市高津区北見方二
丁目6番1号 NECプラットフォーム
ズ株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 下坂 直樹 (**SHIMOSAKA Naoki**);
〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 日本
電気株式会社 知的財産本部 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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, 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,

(54) **Title:** WEARABLE DEVICE AND CONTROL METHOD

(54) 発明の名称: ウェアラブルデバイスおよび制御方法



- 1 Wearable device
11 Imaging unit
12 Projection unit
13 Control unit

(57) **Abstract:** Provided is a wearable device capable of realizing highly accurate work assistance without reducing workability. This wearable device is provided with: an imaging unit that generates image data; a control unit that sets a projection condition on the basis of the image data; and a projection unit that projects light in accordance with the projection condition. The control unit sets a first projection condition for projecting detection light for forming a prescribed pattern, acquires a first image captured when the detection light is not applied and a second image captured when the detection light is applied, sets a first region on the basis of the state of the prescribed pattern detected from the second image, generates

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:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

a detection image obtained by excluding at least the first region from the first image, sets an instruction light application position on the basis of a feature extracted from the detection image, and sets a second projection condition for projecting instruction light to the instruction light application position.

(57) 要約: 作業性を低下することなく、高精度の作業支援を実現するウェアラブルデバイスを提供するために、画像データを生成する撮像装置と、画像データに基づいて投射条件を設定する制御装置と、投射条件に応じた光を投射する投射装置と、を備えるウェアラブルデバイスとする。制御装置は、所定の模様を形成する検出光を投射するための第1投射条件を設定し、検出光が照射されていないときに撮像された第1画像と、検出光が照射されているときに撮像された第2画像とを取得し、第2画像から検出される所定の模様の状態に基づいて第1領域を設定し、少なくとも第1領域を第1画像から除いた検出用画像を生成し、検出用画像から抽出される特徴に基づいて指示光照射位置を設定し、指示光照射位置に指示光を投射するための第2投射条件を設定する。

明 細 書

発明の名称： ウェアラブルデバイスおよび制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、作業者の作業を支援するウェアラブルデバイスおよび制御方法に関する。

背景技術

[0002] 特許文献1には、各種情報を出力するレンズと作業現場を撮像するカメラとを備えるウェアラブルデバイスと、実際の作業現場を画像として再現可能に画像処理したマッピング情報を蓄積するサーバとを備える作業管理システムについて開示されている。ウェアラブルデバイスは、サーバから送信されたマッピング情報に基づいて実際の作業現場を情報空間内に形成するとともに、情報空間内に形成した作業現場をレンズ越しの実際の視野に重ねるように投影する。サーバは、カメラによって撮像された撮像情報に基づいて作業者の挙動に関する情報を得て、情報空間内における作業者の挙動に関する情報を監視する。特許文献1のシステムによれば、ウェアラブルデバイスのカメラで作業者の動きを監視・管理したり、作業者への指示をレンズに表示させたりすることができる。

[0003] 特許文献2には、作業現場に設置されたカメラによって作業対象物に貼付された宛先ラベルを撮影し、宛先ラベルに基づいた仕分け先に関する情報をその作業対象物に投影することで仕分け作業を支援する情報処理装置について開示されている。特許文献2によれば、実世界の作業現場に設置されたカメラに撮影された宛先ラベルに基づいて、実世界の作業現場にある作業対象物に投影された仕分け先を示す情報を作業者が視認することができる。

[0004] 特許文献3には、有効表示情報を操作領域に形成させる投射部と、操作領域上での操作内容を取得する撮像部と、を備える情報入力装置について開示されている。特許文献3の装置の投射部は、複数の表示領域に区分けされる表示手段を有する空間変調素子と、複数の表示領域のそれぞれに対応付けら

れた複数の発光部を含む光源とを有する。特許文献3の装置の投射部は、空間変調素子の表示部に照射された光を基に形成される表示情報を操作領域に投射する構成を有し、投影部を小型化かつ低電力化できるため、ウェアラブルデバイスに好適である。

[0005] 特許文献4には、ジェスチャーによる操作入力を可能とする操作入力装置について開示されている。特許文献4の装置は、撮像画像中の手領域を検出し、検出された手領域以外の領域で構成される背景領域内の各部分について、当該部分の輝度や色彩に基づいて、光源が存在する可能性を示す指標としての光源存在度を設定する。特許文献4の装置は、光源存在度に基づいて、光源の影響を受けたと推定された領域と手領域とが予め定められた距離以内にあると判断された場合に、検出された手領域の形状に基づいて撮像画像中の手領域に欠損が生じているか判断する。特許文献4の装置は、撮像画像中の手領域の欠損の判断結果と、検出された手領域を表す情報とに基づいて、手の動作を判断する。

[0006] 特許文献5には、ターゲットの範囲内に投影するコンテンツをトリミングする方法について開示されている。特許文献5の方法では、Kinect（登録商標）などの可視光カメラと深度カメラを用いて、オブジェクトまでの距離を決定するための深度マップが作成される。特許文献5の方法では、深度マップ内の背景から投影ターゲットをセグメント化することによってオブジェクトの形状を決定する。

先行技術文献

特許文献

- [0007] 特許文献1：特開2016-184303号公報
特許文献2：国際公開第2015/145982号
特許文献3：国際公開第2016/199415号
特許文献4：国際公開第2015/037273号
特許文献5：特表2017-503198号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0008] 特許文献 1 ～ 3 の手法を組み合わせれば、作業者の作業を支援するための情報をその作業者の視界に投射することで、作業者に対して作業支援を行う小型のウェアラブルデバイスを実現することができる。しかしながら、実際の作業現場においては、作業者の手と背景との相対的な位置関係が刻一刻と変わるため、作業者の手と背景とを分離できず、的確な作業支援を行うことができない。例えば、背景にある作業対象物に対して何らかの表示情報を表示させる場合、その作業対象物から特徴点を捕らえる必要がある。しかし、手の動きによって不要な特徴点が発生すると、その不要な特徴点がノイズとなり、背景から抽出したい特徴点を正確に抽出できないことがある。また、例えば、手の平に何らかの表示情報を表示させる場合、その手の平から特徴点を抽出する必要がある。しかし、背景が不要な特徴点を作ってしまうと、その不要な特徴点がノイズとなり、手の平から抽出したい特徴量を正確に抽出できないことがある。
- [0009] 特許文献 4 の手法では、輝度や色彩に基づいて背景と手との差分をとることによって、背景と手とを分離する。そのため、特許文献 4 の手法を用いれば、手を含まない背景から特徴を抽出することができるため、背景の特徴が手の特徴によって検出されにくくなることがない。しかしながら、特許文献 4 の手法では、輝度や色彩に基づいて背景と手とを分離するため、背景に手の色と同じような輝度や色彩がある場合、背景と手とを精度よく分離できない場合がある。
- [0010] 特許文献 5 の手法では、深度カメラを用いて作成された深度マップ内の背景から投影ターゲットをセグメント化することによってオブジェクトの形状を決定する。そのため、特許文献 5 の手法を用いれば、輝度や色彩では判別の難しい領域を区別することができる。しかしながら、ウェアラブルデバイスに深度カメラを搭載すると装置が大型化してしまい、携帯性が低下する。
- [0011] 本発明の目的は、上述した課題を解決し、大掛かりな装置を用いずに、作業支援のための情報を表示させる位置を確実に抽出し、適切な作業支援を実

現するウェアラブルデバイスを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0012] 本発明の一態様のウェアラブルデバイスは、画像データを生成する撮像装置と、画像データを撮像装置から取得し、取得した画像データに基づいて投射条件を設定する制御装置と、制御装置から投射条件を取得し、取得した投射条件に応じた光を投射する投射装置と、を備え、制御装置は、所定の模様を形成する検出光を投射するための第1投射条件を設定し、検出光が照射されていないときに撮像された第1画像と、検出光が照射されているときに撮像された第2画像とを取得し、第2画像から検出される所定の模様の状態に基づいて第1領域を設定し、少なくとも第1領域を第1画像から除いた検出用画像を生成し、検出用画像から抽出される特徴に基づいて指示光照射位置を設定し、指示光照射位置に指示光を投射するための第2投射条件を設定する。

[0013] 本発明の一態様の制御方法は、画像データを生成する撮像装置と、画像データに基づいて投射条件を設定する制御装置と、投射条件に応じた光を投射する投射装置と、を備えるウェアラブルデバイスの制御方法であって、制御装置が、検出光が照射されていないときに撮像された第1画像と、検出光が照射されているときに撮像された第2画像とを取得し、第2画像から検出される所定の模様の状態に基づいて第1領域を設定し、少なくとも第1領域を第1画像から除いた検出用画像を生成し、検出用画像から抽出される特徴に基づいて指示光照射位置を設定し、指示光照射位置に指示光を投射するための第2投射条件を設定する。

発明の効果

[0014] 本発明によれば、大掛かりな装置を用いずに、作業支援のための情報を表示させる位置を確実に抽出し、適切な作業支援を実現するウェアラブルデバイスを提供することが可能になる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]本発明の第1の実施形態に係るウェアラブルデバイスの構成の一例を示

すブロック図である。

[図2]本発明の第1の実施形態に係るウェアラブルデバイスの適用例を示す概念図である。

[図3]本発明の第1の実施形態に係るウェアラブルデバイスの適用例を示す概念図である。

[図4]本発明の第1の実施形態に係るウェアラブルデバイスの別の適用例を示す概念図である。

[図5]本発明の第1の実施形態に係るウェアラブルデバイスが作業対象領域を検出する際に用いる検出用画像の一例を示す概念図である。

[図6]本発明の第1の実施形態に係るウェアラブルデバイスによる手の検出処理から輪郭抽出処理までの流れについて説明するための概念図である。

[図7]本発明の第1の実施形態に係るウェアラブルデバイスによる輪郭抽出処理から指示光照射処理までの流れについて説明するための概念図である。

[図8]本発明の第1の実施形態に係るウェアラブルデバイスの動作について説明するための概念図である。

[図9]本発明の第1の実施形態に係るウェアラブルデバイスが備える撮像装置の構成の一例を示すブロック図である。

[図10]本発明の第1の実施形態に係るウェアラブルデバイスが備える投射装置の構成の一例を示すブロック図である。

[図11]本発明の第1の実施形態に係るウェアラブルデバイスが備える投射装置の投射光学系の構成の一例を示す概念図である。

[図12]本発明の第1の実施形態に係るウェアラブルデバイスが備える投射装置の投射光学系の構成の別の一例を示す概念図である。

[図13]本発明の第1の実施形態に係るウェアラブルデバイスが備える制御装置の構成の一例を示すブロック図である。

[図14]本発明の第1の実施形態に係るウェアラブルデバイスの動作の概要について説明するためのフローチャートである。

[図15]本発明の第1の実施形態に係るウェアラブルデバイスによる指示光投

射条件設定処理について説明するためのフローチャートである。

[図16]本発明の第2の実施形態に係るウェアラブルデバイスが備える制御装置の構成の一例を示すブロック図である。

[図17]本発明の第2の実施形態に係るウェアラブルデバイスによる手の検出から輪郭抽出までの処理について説明するための概念図である。

[図18]本発明の第2の実施形態に係るウェアラブルデバイスによる輪郭抽出から指示光の照射までの処理について説明するための概念図である。

[図19]本発明の第2の実施形態に係るウェアラブルデバイスによる指示光投射条件設定処理について説明するためのフローチャートである。

[図20]本発明の第3の実施形態に係るウェアラブルデバイスが備える制御装置の構成の一例を示すブロック図である。

[図21]本発明の第3の実施形態に係るウェアラブルデバイスが投射する検出光について説明するための概念図である。

[図22]本発明の第3の実施形態に係るウェアラブルデバイスの動作の概要について説明するためのフローチャートである。

[図23]本発明の第3の実施形態に係るウェアラブルデバイスによる指示光投射条件設定処理について説明するためのフローチャートである。

[図24]本発明の第3の実施形態に係るウェアラブルデバイスによる検出光投射条件設定処理について説明するためのフローチャートである。

[図25]本発明の第4の実施形態に係るウェアラブルデバイスが備える制御装置の構成の一例を示すブロック図である。

[図26]本発明の第4の実施形態に係るウェアラブルデバイスによる投射装置および撮像装置の制御例に説明するための概念図である。

[図27]本発明の第5の実施形態に係るウェアラブルデバイスの構成の一例を示すブロック図である。

[図28]本発明の各実施形態に係るウェアラブルデバイスが備える制御装置を実現するハードウェア構成の一例を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0016] 以下に、本発明を実施するための形態について図面を用いて説明する。ただし、以下に述べる実施形態には、本発明を実施するために技術的に好ましい限定がされているが、発明の範囲を以下に限定するものではない。なお、以下の実施形態の説明に用いる全図においては、特に理由がない限り、同様箇所には同一符号を付す。また、以下の実施形態において、同様の構成・動作に関しては繰り返しの説明を省略する場合がある。

[0017] (第1の実施形態)

まず、本発明の第1の実施形態に係るウェアラブルデバイスについて図面を参照しながら説明する。本実施形態のウェアラブルデバイスは、作業対象を撮影した画像に基づいて、作業者が行う作業を支援するための指示光を投射するウェアラブルデバイスである。作業者は、投射された指示光を視認することによって次の作業を認識できる。

[0018] (構成)

図1は、本実施形態に係るウェアラブルデバイス1の構成の概要を示すブロック図である。ウェアラブルデバイス1は、撮像装置11、投射装置12、および制御装置13を備える。制御装置13は、撮像装置11および投射装置12に接続される。例えば、撮像装置11は、撮像機能を有するカメラである。例えば、投射装置12は、投射機能を有するプロジェクタである。例えば、制御装置13（コントローラとも呼ぶ）は、撮像装置11および投射装置12を制御する装置である。

[0019] 撮像装置11は、画像データを生成する。

[0020] 例えば、撮像装置11は、制御装置13の制御に応じて、作業対象を含む範囲を撮像する。撮像装置11は、作業対象を含む範囲を撮像することで生成される画像データを制御装置13に出力する。例えば、撮像装置11は、撮影速度の速い高速カメラによって実現される。

[0021] 投射装置12は、制御装置13から投射条件を取得する。投射装置12は、取得した前記投射条件に応じた光を投射する。

[0022] 例えば、投射装置12は、制御装置13の制御に応じて投射光を投射する

。例えば、投射装置 1 2 は、作業者の手や腕などの作業体を検出するための検出光を投射する。例えば、投射装置 1 2 は、作業者が次に作業を行う予定の作業対象箇所とその位置や指示を示す指示光を投射する。例えば、投射装置 1 2 は、制御装置による制御に応じて検出光や指示光を投射する。例えば、投射装置 1 2 は、空間光変調素子を用いたプロジェクタによって実現される。

[0023] 制御装置 1 3 は、撮像装置 1 1 から画像データを取得する。制御装置 1 3 は、取得した画像データに基づいて投射条件を設定する。制御装置 1 3 は、所定の模様を形成する検出光を投射するための第 1 投射条件を設定する。制御装置 1 3 は、検出光が照射されていないときに撮像された第 1 画像と、検出光が照射されているときに撮像された第 2 画像とを取得する。制御装置 1 3 は、第 2 画像から検出される所定の模様の状態に基づいて第 1 領域を設定する。制御装置 1 3 は、少なくとも第 1 領域を第 1 画像から除いた検出用画像を生成する。制御装置 1 3 は、検出用画像から抽出される特徴に基づいて指示光照射位置を設定する。制御装置 1 3 は、指示光照射位置に指示光を投射するための第 2 投射条件を設定する。例えば、制御装置 1 3 は、プロセッサやメモリを有するマイクロコンピュータによって実現される。

[0024] 例えば、制御装置 1 3 は、以下の制御例のように、撮像装置 1 1 および投射装置 1 2 を制御する。まず、制御装置 1 3 は、所定の模様を形成する検出光を投射するための投射条件（第 1 投射条件とも呼ぶ）を生成し、生成した第 1 投射条件を投射装置 1 2 に出力する。次に、制御装置 1 3 は、撮像装置 1 1 を制御し、作業対象を含む範囲を撮像させる。次に、制御装置 1 3 は、撮像装置 1 1 を制御し、検出光が表示されていない画像データ（第 1 画像）と、検出光が表示された画像データ（第 2 画像）とを連続したタイミングで撮像させる。次に、制御装置 1 3 は、撮像装置 1 1 から第 1 画像および第 2 画像を取得し、取得した第 2 画像から作業者の手や腕を検出する。次に、制御装置 1 3 は、作業者の手や腕を第 2 画像から検出すると、作業者の手や腕の範囲を第 1 画像から削除することによって検出用画像を生成する。次に、

制御装置 13 は、検出用画像から作業対象箇所を検出する。そして、制御装置 13 は、検出した作業対象箇所に指示光を投射するための第 2 投射条件を生成し、生成した第 2 投射条件を投射装置 12 に出力する。以上が、制御装置 13 による、撮像装置 11 および投射装置 12 の制御例である。

[0025] 上述の制御装置 13 の制御によれば、ウェアラブルデバイス 1 は、作業対象に対して作業を行う作業体を除いた画像データから指示光照射位置を検出する。そのため、手や腕などの作業体が生成する特徴によって指示光照射位置の特徴が検出されにくくなることがない。そのため、図 1 の構成のウェアラブルデバイスによれば、指示光照射位置の検出精度が向上するため、作業性を低下することなく、高精度の作業支援を実現できる。

[0026] 図 2 ～図 4 は、本実施形態のウェアラブルデバイス 1 の適用例を示す概念図である。図 2 および図 3 は、作業者の被るヘルメットにウェアラブルデバイス 1 を配置する例である。図 4 は、作業者の胸元にウェアラブルデバイス 1 を配置する例である。

[0027] ウェアラブルデバイス 1 は、作業対象 100 を撮像した画像データに作業者の体の一部が写っているか否かを検証する。本実施形態においては、作業者の手や腕を検出対象とする。ウェアラブルデバイス 1 は、手や腕を検出するための検出光 151 を作業対象 100 に向けて投射する（図 2）。ウェアラブルデバイス 1 は、作業者に視認されないように、短パルス化した検出光 151 を投射する。図 2 の例では、検出光 151 は、ストライプ状の模様で表示される。なお、検出光 151 の模様は、作業対象 100 の上方に位置する物体を検出できさえすれば、ストライプ状に限定されない。また、ストライプ状の模様の検出光 151 を照射する場合、ストライプの間隔は、作業者の手や腕が検出されるまでは粗くし、作業者の手や腕が検出されてからは細かくするように設定するとエネルギー消費を低減できる。なお、検出光 151 の視認性は、環境光に依存する。例えば、検出光 151 と背景とのコントラストや、背景の明るさを調整することによって検出光 151 の視認性を制御できる。本実施形態においては、検出光 151 が視認されない方が好まし

いため、検出光 1 5 1 が視認されにくいように、検出光 1 5 1 と背景とのコントラストや、背景の明るさを調整することが好ましい。

[0028] ウェアラブルデバイス 1 は、作業者に視認できない条件で表示される検出光 1 5 1 を撮像できる高速カメラを備える。ウェアラブルデバイス 1 は、検出光 1 5 1 が表示されていないタイミングにおいて作業対象 1 0 0 を撮像する。このとき、ウェアラブルデバイス 1 は、検出光 1 5 1 が照射されていない作業対象 1 0 0 の画像データ（第 1 画像とも呼ぶ）を生成する。また、ウェアラブルデバイス 1 は、検出光 1 5 1 が表示されるタイミングにおいて作業対象 1 0 0 を撮像する。このとき、ウェアラブルデバイス 1 は、検出光 1 5 1 が照射されている作業対象 1 0 0 の画像データ（第 2 画像とも呼ぶ）を生成する。

[0029] ウェアラブルデバイス 1 は、検出光 1 5 1 が表示された画像データ（第 2 画像）から、検出光 1 5 1 が不連続になった箇所（切断点とも呼ぶ）を検出する。ウェアラブルデバイス 1 は、切断点を検出すると、切断点を結んだ領域を第 1 領域に設定する。ウェアラブルデバイス 1 は、検出された作業者の手や腕を確実にくり抜くために、第 1 領域を拡大して第 2 領域を設定する。ウェアラブルデバイス 1 は、検出光 1 5 1 が表示されていない画像データ（第 1 画像）から第 2 領域を削除し、第 2 領域を含まない画像データ（検出用画像とも呼ぶ）を生成する。ウェアラブルデバイス 1 は、検出用画像から、作業者が次に行う作業を行うことになる作業対象箇所 1 0 5 を検出する（図 3）。

[0030] ウェアラブルデバイス 1 は、作業対象箇所 1 0 5 を検出すると、検出した作業対象箇所 1 0 5 に指示光 1 5 5 を投射する（図 3）。作業者は、作業対象箇所 1 0 5 に投射された指示光 1 5 5 を視認することによって次に行う作業の位置や内容を認識できる。例えば、作業者の次の作業内容がコネクタにケーブルを接続することであれば、ウェアラブルデバイス 1 は、コネクタの位置を作業対象箇所 1 0 5 に設定し、その位置に指示光 1 5 5 を照射する。作業者は、指示光 1 5 5 の位置を視認することによって、次の作業内容を認

識できる。

[0031] 図5は、ウェアラブルデバイス1が作業対象箇所105を検出する際に用いる検出用画像165の一例を示す概念図である。検出用画像165には、作業者の手や腕が含まれないため、作業者の手や腕によって形成される特徴点が含まれず、作業対象箇所105の特徴点が検出されやすくなる。

[0032] 本実施形態では、作業対象箇所105を含む背景を追跡し続けるために、作業者の手や腕によって形成される特徴点を除去することによって、背景の特徴点に対するノイズ除去を行う。本実施形態では、手や腕が検出された後の段階において、背景から特徴点を抽出する例を挙げる。例えば、実際の作業現場においては、作業者の手や腕が作業対象箇所105の位置を塞いでしまうこともある。ウェアラブルデバイス1は、起動時において、手や腕によって作業対象箇所105が隠されていた場合、その作業対象箇所105を検出できない。しかしながら、作業者の手や腕が動けば、手や腕によって長時間隠されていた作業対象箇所105であっても、ウェアラブルデバイス1によってやがて検出される。このように検出される作業対象箇所105から特徴点を抽出してゆけば、背景のほとんどの特徴的な箇所から特徴点を抽出することができる。特徴点は、少しでも多く抽出されることが望ましいので、手や腕によって隠されていた作業対象箇所105が検出することは重要である。また、作業対象箇所105が長時間隠されてしまう場合を想定し、作業対象箇所105が長時間検出されなかった際に警告を示す表示を作業対象100の表面に表示させるように構成してもよい。実際の作業現場では、手や腕が検出される前の段階で背景の特徴点を抽出しておき、手や腕が動いても背景の特徴点を把握し続けることが好ましい。

[0033] [作業対象箇所の検出]

ここで、制御装置13が、画像データから手や腕を検出し、作業対象箇所105を検出するまでの手順について図面を参照しながら説明する。

[0034] 図6は、制御装置13が、画像データから手や腕を検出し、第1領域を設定するまでの手順を示す概念図である。

- [0035] 制御装置 13 は、検出光 151 が照射されていない作業対象 100 の画像データ（第 1 画像 161）を撮像装置 11 から取得する（A）。また、制御装置 13 は、検出光 151 が照射された作業対象 100 の画像データ（第 2 画像 162）を撮像装置 11 から取得する（B）。第 2 画像 162 には、検出光 151 の模様が写っている。このときに制御装置 13 が取得する第 1 画像 161 および第 2 画像 162 は、連続したタイミングにおいて撮像されたものである。なお、第 1 画像 161 と第 2 画像 162 の撮像順番は入れ替わってもよい。
- [0036] 制御装置 13 は、第 2 画像 162 を取得すると（B）、検出光 151 の切断点 170 を抽出する（C）。図 6 のように、第 2 画像 162 に手や腕が写っていると、背景と比べて手や腕の方が撮像装置 11 に近いため、手や腕に照射された検出光 151 の模様がずれる。その結果、作業対象 100 の表面に照射された検出光 151 の模様には切断点 170 が表れる。制御装置 13 は、抽出された複数の切断点 170 を結んで第 1 領域 171 を設定する（D）。
- [0037] 図 7 は、制御装置 13 が、第 1 領域を抽出し、作業対象箇所 105 を検出するまでの手順を示す概念図である。
- [0038] 制御装置 13 は、第 1 領域 171 を設定すると（D）、第 1 領域 171 を拡大して第 2 領域 172 を設定する（E）。制御装置 13 は、第 1 画像 161 から第 2 領域 172 の内部を削除し、第 1 画像 161 から第 2 領域 172 の内部が削除された画像データ（検出用画像 165）を生成する（F）。第 1 領域 171 は、手や腕の輪郭上の点を結んだ領域になるため、第 1 画像 161 から第 1 領域 171 の内部を削除すると、手や腕の一部が画像データに残存してしまい、背景の作業対象 100 から特徴を抽出しにくくなる可能性がある。そのため、制御装置 13 は、第 1 領域 171 を拡大した第 2 領域 172 を設定し、第 1 画像 161 から第 2 領域 172 の内部を削除する。
- [0039] そして、制御装置 13 は、検出用画像 165 から作業対象箇所 105 を検出する（G）。制御装置 13 は、作業対象箇所 105 を検出すると、その作

業対象箇所 105 に指示光 155 を投射するための投射条件を生成し、生成した投射条件を投射装置 12 に出力する。例えば、作業対象箇所 105 に表示される模様は、作業対象箇所 105 を示す図形や、作業内容を示す記号や文字など、作業状況に応じて任意に設定できる。

[0040] なお、作業対象箇所 105 を検出できる程度であれば、検出用画像 165 に手や腕の一部が残存していてもよい。そのため、第 1 画像 161 から第 1 領域 171 の内部を削除した画像データを検出用画像 165 に設定し、その検出用画像 165 を用いて背景の作業対象 100 から特徴を抽出するように構成してもよい。この場合、背景の作業対象 100 から特徴を抽出できなかった場合には、第 1 領域 171 を拡大して第 2 領域を設定し、第 1 画像 161 から第 2 領域の内部を削除した画像データを検出用画像 165 に設定すればよい。また、第 1 画像 161 から第 2 領域の内部を削除した検出用画像 165 を用いても、背景の作業対象 100 から特徴を抽出できない場合も想定される。そのような場合は、第 2 領域 172 をさらに拡大し、拡大した第 2 領域を第 1 画像 161 から削除すればよい。

[0041] [動作タイミング]

ここで、ウェアラブルデバイス 1 の撮像装置 11、投射装置 12、および制御装置 13 の動作タイミングについて図面を参照しながら説明する。図 8 は、撮像装置 11、投射装置 12、および制御装置 13 の動作タイミングの一例について説明するための概念図である。図 8 の四角形の箱は、撮像装置 11、投射装置 12、および制御装置 13 の動作タイミングの関係を明確にするためのものである。制御装置 13 は、D と表記された箱のタイミングにおいて、撮像装置 11 から画像データを取得する。制御装置 13 は、P と表記された箱のタイミングにおいて、投射装置 12 に検出光 151 を投射させる。制御装置 13 は、M と表記された箱のタイミングにおいて、投射装置 12 に指示光 155 を投射させる。

[0042] 図 8 のタイミング T0 において、制御装置 13 は、撮像装置 11 から画像データを取得する。タイミング T0 において撮像装置 11 から取得される画

像データ（第１画像）には検出光１５１が写っていない。

[0043] タイミングＴ１において、制御装置１３は、投射装置１２を制御し、作業対象１００に向けて検出光１５１を投射させる（Ｐ）。また、制御装置１３は、撮像装置１１から画像データを取得する（Ｄ）。タイミングＴ１において撮像装置１１から取得される画像データ（第２画像）には検出光１５１が写っている。

[0044] タイミングＴ２において、制御装置１３は、第２画像に手や腕が含まれるか否かを検証する。図８の例では、タイミングＴ２においては、第２画像から手や腕が検出されなかったものとする。なお、図８においては、タイミングＴ２において、撮像装置１１が撮像するものとしているが、撮像を停止するように構成してもよい。

[0045] タイミングＴ３において、制御装置１３は、撮像装置１１から画像データを取得する。タイミングＴ３において撮像装置１１から取得される画像データ（第１画像）には検出光１５１が写っていない。

[0046] タイミングＴ４において、制御装置１３は、作業対象１００に検出光１５１を投射するための投射条件に基づいて投射装置１２を制御し、作業対象１００に向けて検出光１５１を投射させる（Ｐ）。また、制御装置１３は、撮像装置１１から画像データを取得する（Ｄ）。タイミングＴ４において撮像装置１１から取得される画像データ（第２画像）には検出光１５１が写っている。

[0047] タイミングＴ５において、制御装置１３は、第２画像に手や腕が含まれるか否かを検証する。図８の例では、タイミングＴ５において、第２画像から手や腕が検出されたものとする。なお、図８においては、タイミングＴ５において、撮像装置１１が撮像するものとしているが、撮像を停止するように構成してもよい。

[0048] タイミングＴ６において、制御装置１３は、第２画像を用いて検出用画像１６５を生成する。制御装置１３は、生成した検出用画像１６５から作業対象箇所１０５を検出する。制御装置１３は、作業対象箇所１０５に指示光１

５５を投射するための投射条件を生成する。

[0049] タイミングＴ７において、制御装置１３は、作業対象箇所１０５に指示光１５５を投射するための投射条件に基づいて投射装置１２を制御し、作業対象箇所１０５に向けて指示光１５５を投射させる（Ｍ）。また、制御装置１３は、撮像装置１１から画像データを取得する。タイミングＴ７において撮像装置１１から取得される画像データには、指示光１５５が写っている。

[0050] タイミングＴ８において、制御装置１３は、作業対象箇所１０５に指示光１５５を投射するための投射条件に基づいて投射装置１２を制御し、指示光１５５を投射させる（Ｍ）。また、制御装置１３は、撮像装置１１から画像データを取得する。タイミングＴ８において撮像装置１１から取得される画像データには、指示光１５５が写っている。

[0051] タイミングＴ９において、制御装置１３は、作業対象１００に検出光１５１を投射するための投射条件に基づいて投射装置１２を制御し、作業対象１００に向けて検出光１５１を投射させる（Ｐ）。また、タイミングＴ９において、制御装置１３は、作業対象箇所１０５に指示光１５５を投射するための投射条件に基づいて投射装置１２を制御し、作業対象箇所１０５に向けて指示光１５５を投射させる（Ｍ）。また、制御装置１３は、撮像装置１１から画像データを取得する（Ｄ）。タイミングＴ８において撮像装置１１から取得される画像データには、検出光１５１と指示光１５５が写っている。

[0052] タイミングＴ１０以降において、制御装置１３は、手や腕の検出状況に応じて、タイミングＴ０～Ｔ９に示す処理を繰り返す。例えば、制御装置１３は、手や腕が検出されない場合にはタイミングＴ０～Ｔ２の処理を繰り返し、手や腕が検出された場合にはタイミングＴ３～Ｔ９の処理を繰り返すことになる。

[0053] 以上が、ウェアラブルデバイス１の構成の概要についての説明である。なお、図１～図８は一例であって、本実施形態のウェアラブルデバイス１の構成や利用シーン、処理などをそのままの形態や手順に限定するものではない。

[0054] 〔撮像装置〕

次に、ウェアラブルデバイス１の撮像装置１１について図面を参照しながら説明する。図９は、撮像装置１１の構成を示すブロック図である。撮像装置１１は、撮像素子１１１、画像処理プロセッサ１１３、内部メモリ１１５、およびデータ出力回路１１７を有する。撮像装置１１は、一般的なデジタルカメラの機能を含み、高速撮影の可能なカメラである。

[0055] 撮像素子１１１は、撮像装置１１の撮影範囲を撮像し、その撮影範囲の撮像データを取得するための素子である。本実施形態においては、作業対象１００を含む範囲が撮影範囲に設定される。撮像素子１１１は、半導体部品が集積回路化された光電変換素子である。撮像素子１１１は、例えば、ＣＣＤ（Charge-Coupled Device）やＣＭＯＳ（Complementary Metal-Oxide-Semiconductor）などの固体撮像素子によって実現できる。通常、撮像素子１１１は、可視領域の光を撮像する素子によって構成するが、赤外線や紫外線、Ｘ線、ガンマ線、電波、マイクロ波などの電磁波を撮像・検波できる素子によって構成してもよい。

[0056] 画像処理プロセッサ１１３は、撮像素子１１１によって撮像された撮像データに対して、暗電流補正や補間演算、色空間変換、ガンマ補正、収差の補正、ノイズリダクション、画像圧縮などの画像処理を実行して画像データに変換する集積回路である。なお、画像情報を加工せずに出力する場合は、画像処理プロセッサ１１３を省略してもよい。

[0057] 内部メモリ１１５は、画像処理プロセッサ１１３が一度に処理しきれない画像情報や、処理済みの画像情報を一時的に格納する記憶素子である。なお、撮像素子１１１によって撮像された画像情報を内部メモリ１１５に一時的に記憶するように構成してもよい。内部メモリ１１５は、一般的なメモリによって構成すればよい。

[0058] データ出力回路１１７は、画像処理プロセッサ１１３によって処理された画像データを制御装置１３に出力する。

[0059] 〔投射装置〕

次に、投射装置 1 2 について図面を参照しながら説明する。図 1 0 は、ウェアラブルデバイス 1 の投射装置 1 2 の構成を示すブロック図である。図 1 1 は、投射装置 1 2 の構成例を示す概念図である。

[0060] 図 1 0 のように、投射装置 1 2 は、照射部 1 2 1、光源駆動電源 1 2 5、空間光変調素子 1 2 6、変調素子駆動部 1 2 7、および投射光学系 1 2 9 を備える。なお、図 1 0 は概念的なものであり、各構成要素間の位置関係や、光の照射方向などを正確に表したものではない。

[0061] 照射部 1 2 1 は、特定波長のコヒーレントな光 1 2 0 を出射する。図 1 1 のように、照射部 1 2 1 は、光源 1 2 2 とコリメートレンズ 1 2 3 を含む。図 1 1 のように、照射部 1 2 1 が出射した光 1 1 0 は、コリメートレンズ 1 2 3 を通過してコヒーレントな光 1 2 0 となり、空間光変調素子 1 2 6 の表示部に入射される。例えば、照射部 1 2 1 は、光源 1 2 2 としてレーザ光源を含む。通常、照射部 1 2 1 は、可視領域の光を出射するように構成する。なお、照射部 1 2 1 は、赤外領域や紫外領域などの可視領域以外の光を出射するように構成してもよい。また、照射部 1 2 1 は、発光ダイオードや白熱電球、放電管などのレーザ光源以外で構成してもよい。

[0062] 照射部 1 2 1 は、パルス状の光を出射する。検出光 1 5 1 を照射する際には、照射部 1 2 1 は、視認されにくいパルス幅で光を出射する。また、指示光 1 5 5 を照射する際には、照射部 1 2 1 は、視認されやすいパルス幅で光を出射する。

[0063] 光源駆動電源 1 2 5 は、制御装置 1 3 の制御に応じて照射部 1 2 1 の光源 1 2 2 を駆動して、照射部 1 2 1 から光を出射させる電源である。

[0064] 空間光変調素子 1 2 6 は、変調素子駆動部 1 2 7 の制御に応じて、検出光 1 5 1 や指示光 1 5 5 を生成するためのパターン（画像の位相分布）を自身の表示部に表示する。本実施形態においては、空間光変調素子 1 2 6 の表示部に所定のパターンが表示された状態で、その表示部に光 1 2 0 を照射する。空間光変調素子 1 2 6 は、入射される光 1 2 0 の反射光（変調光 1 3 0）を投射光学系 1 2 9 に向けて出射する。

[0065] 図 1 1 のように、本実施形態においては、空間光変調素子 1 2 6 の表示部に対して光 1 2 0 の入射角を非垂直にする。すなわち、本実施形態においては、照射部 1 2 1 からの光 1 2 0 の出射軸を空間光変調素子 1 2 6 の表示部に対して斜めにし、ビームスプリッタを用いずに空間光変調素子 1 2 6 の表示部に光 1 2 0 を入射させる。そのため、図 1 1 の構成では、光 1 2 0 がビームスプリッタを通過することによって減衰することがないため、光 1 2 0 の利用効率を向上させることができる。

[0066] 空間光変調素子 1 2 6 は、位相がそろったコヒーレントな光 1 2 0 の入射を受け、入射された光 1 2 0 の位相を変調する位相変調型の空間光変調素子によって実現できる。位相変調型の空間光変調素子 1 2 6 を用いた投射光学系 1 2 9 からの出射光は、フォーカスフリーであるため、複数の投射距離に光を投射することになっても投射距離ごとに焦点を変える必要がない。なお、空間光変調素子 1 2 6 は、表示部が複数の表示領域に分割され、各表示領域に表示情報を表示できるのであれば、位相変調型とは異なる方式の素子であってもよい。

[0067] 位相変調型の空間光変調素子 1 2 6 の表示部には、作業対象 1 0 0 の表面に表示させる検出光 1 5 1 や指示光 1 5 5 の位相分布が表示される。位相分布が表示された空間光変調素子 1 2 6 の表示部で反射された変調光 1 3 0 は、一種の回折格子が集合体を形成したような画像になり、回折格子で回折された光が集まるように像が形成される。

[0068] 空間光変調素子 1 2 6 は、例えば、強誘電性液晶やホモジーニクス液晶、垂直配向液晶などを用いた空間光変調素子によって実現される。空間光変調素子 1 2 6 は、具体的には、L C O S (Liquid Crystal on Silicon) によって実現できる。また、例えば、空間光変調素子 1 2 6 は、M E M S (Micro Electro Mechanical System) によって実現できる。

[0069] 位相変調型の空間光変調素子 1 2 6 では、投射光を投射する箇所を順次切り替えるように動作させることによってエネルギーを像の部分に集中することができる。そのため、位相変調型の空間光変調素子 1 2 6 を用いれば、光

源の出力が同じであれば、その他の方式のものよりも表示情報を明るく表示させることができる。

[0070] 変調素子駆動部 127 は、制御装置 13 の制御に応じて、作業対象 100 の表面に表示させる像を生成するためのパターンを空間光変調素子 126 の表示部に表示させる。変調素子駆動部 127 は、空間光変調素子 126 の表示部に照射される光 120 の位相と、表示部で反射される変調光 130 の位相との差分を決定づけるパラメータが変化するように空間光変調素子 126 を駆動する。

[0071] 位相変調型の空間光変調素子 126 の表示部に照射される光 120 の位相と、表示部で反射される変調光 130 の位相との差分を決定づけるパラメータは、例えば、屈折率や光路長などの光学的特性に関するパラメータである。例えば、変調素子駆動部 127 は、空間光変調素子 126 の表示部に印加する電圧を変化させることによって、表示部の屈折率を変化させる。表示部に照射された光 120 は、表示部の各部の屈折率に基づいて適宜回折される。すなわち、位相変調型の空間光変調素子 126 に照射された光 120 の位相分布は、表示部の光学的特性に応じて変調される。なお、変調素子駆動部 127 による空間光変調素子 126 の駆動方法はここで挙げた限りではない。

[0072] 投射光学系 129 は、空間光変調素子 126 で変調された変調光 130 を投射光 150 として投射する。図 11 のように、投射光学系 129 は、フーリエ変換レンズ 191、アパーチャ 192、および投射レンズ 193 を含む。空間光変調素子 126 で変調された変調光 130 は、投射光学系 129 によって投射光 150 として照射される。なお、作業対象 100 の表面に像を形成できさえすれば、投射光学系 129 の構成要素のうちいずれかを省略してもよい。

[0073] フーリエ変換レンズ 191 は、空間光変調素子 126 の表示部で反射された変調光 130 を無限遠に投射した際に形成される像を、近傍の焦点に結像させるための光学レンズである。図 11 では、アパーチャ 192 の位置に焦

点が形成されている。

[0074] アパーチャ 192 は、フーリエ変換レンズ 191 によって集束された光に含まれる高次光を遮蔽し、投射光 150 が表示される範囲を特定する。アパーチャ 192 の開口部は、アパーチャ 192 の位置における表示領域の最外周よりも小さく開口され、アパーチャ 192 の位置における表示情報の周辺領域を遮るように設置される。例えば、アパーチャ 192 の開口部は、矩形状や円形状に形成される。アパーチャ 192 は、フーリエ変換レンズ 191 の焦点位置に設置されることが好ましいが、高次光を消去する機能を発揮できれば焦点位置からずれていても構わない。

[0075] 投射レンズ 193 は、フーリエ変換レンズ 191 によって集束された光を拡大して投射する光学レンズである。投射レンズ 193 は、空間光変調素子 126 の表示部に表示された位相分布に対応する画像が投射範囲内に投影されるように投射光 150 を投射する。

[0076] 単純な記号などの線画を投射する用途にウェアラブルデバイス 1 を用いる場合、投射光学系 129 から投射された投射光 150 は、各表示領域に均一に投射されるのではなく、表示情報を構成する文字や記号、枠などの部分に集中的に投射される。そのような場合、ウェアラブルデバイス 1 によれば、光 120 の出射量を実質的に減らせるため、全体的な光出力を抑えることができる。すなわち、ウェアラブルデバイス 1 は、小型かつ低電力な照射部 121 で構成できるため、その照射部 121 を駆動する光源駆動電源 125 を低出力にでき、全体的な消費電力を低減できる。

[0077] 複数の波長の光を出射するように照射部 121 を構成すれば、照射部 121 から出射する光の波長を変えることによって、指示光 155 の色を変更することができる。また、異なる波長の光を同時に出射する照射部 121 を用いれば、複数の色によって構成される指示光 155 を表示させることができる。

[0078] 図 12 は、複数色の投射を実現する投射装置 12-2 の構成例を示す概念図である。図 12 の投射装置 12-2 は、複数の色の光を出射する照射部 1

21-2を備える。照射部121-2は、光源122-1、コリメートレンズ123-1、ミラー124-1、光源122-2、コリメートレンズ123-2、およびダイクロイックミラー124-2を有する。なお、図12には、2つの光源（光源122-1、光源122-2）を用いて2色の光を出射する例を示すが、3つ以上の光源を用いて3色以上の光を出射するように構成してもよい。

[0079] 光源122-1は、第1の波長の光110-1を発する。光源122-1から発せられた光110-1は、コリメートレンズ123-1を通過してコヒーレントな光になる。コリメートレンズ123-1を通過した光は、ミラー124-1の反射面で反射され、ダイクロイックミラー124-2を通過する。ダイクロイックミラー124-2を通過した光120は、空間光変調素子126の表示部に向けて進行する。

[0080] また、光源122-2は、第2の波長の光110-2を発する。光源122-2から発せられた光110-2は、コリメートレンズ123-2を通過してコヒーレントな光になる。コリメートレンズ123-2を通過した光は、ダイクロイックミラー124-2の反射面で反射される。ダイクロイックミラー124-2の反射面で反射された光120は、空間光変調素子126の表示部に向けて進行する。

[0081] 照射部121-2は、光源122-1および光源122-2の少なくともいずれかから発せられる光120を空間光変調素子126の表示部に向けて出射する。例えば、照射部121-2は、制御装置13の制御に応じて、光源122-1からの第1の波長の光と、光源122-2からの第2の波長の光とを切り替えて照射する。なお、照射部121-2は、光源122-1からの第1の波長の光と、光源122-2からの第2の波長の光とを同時に照射してもよい。

[0082] 図12の構成によれば、異なる色の像を表示させることができる。例えば、指示光155に応じて作業者が行った作業が正しい場合には緑色の光を照射し、間違っている場合には赤色の光を照射すれば、作業状況の正誤を色の

違いで作業者に認識させることもできる。また、例えば、緑色の光が視認されにくい箇所に指示光 155 を表示させると、作業者がその指示光 155 を認識しにくい場合がある。そのような場合は、指示光 155 の色を作業者に視認されやすい色に切り替えればよい。また、例えば、手や腕を検出する際に、緑色の光が撮像装置 11 に検出されにくい箇所に検出光 151 を照射させると、撮像装置 11 がその検出光 151 を検出しにくい場合がある。そのような場合は、検出光 151 の色を撮像装置 11 によって検出されやすい色に切り替えればよい。

[0083] 〔制御装置〕

次に、制御装置 13 について図面を参照しながら説明する。図 13 は、ウェアラブルデバイス 1 の制御装置 13 の構成を示すブロック図である。図 13 のように、制御装置 13 は、撮像制御部 131、検出部 133、投射条件設定部 136、投射条件記憶部 137、および投射制御部 139 を有する。

[0084] 撮像制御部 131 は、作業対象 100 を含む範囲を撮像装置 11 に撮像させ、撮像装置 11 が撮像した画像データを取得する。撮像制御部 131 は、取得した画像データを検出部 133 に出力する。

[0085] 検出部 133 は、撮像制御部 131 から画像データを取得する。検出部 133 は、検出光 151 が照射されていない作業対象 100 の画像データ（第 1 画像 161）と、検出光 151 が照射されている作業対象 100 の画像データ（第 2 画像 162）とを取得する。

[0086] 検出部 133 は、取得した画像データから手や腕、検出光 151、作業対象箇所 105、指示光 155 などを検出する。検出部 133 は、画像データに含まれる特徴に基づいて、投射範囲内に進入した人体の一部（手や腕）や、作業対象箇所 105 を検出する。例えば、検出部 133 は、取得した画像データに含まれる形状や色などの特徴に基づいて、人体の一部や作業対象箇所 105 を検出する。また、検出部 133 は、取得した画像データにそれまでは写っていなかった特徴が検出された際に、その特徴が人体に起因するとみなして検出してもよい。本実施形態においては、検出部 133 は、第 2 画

像 1 6 2 に写っている検出光 1 5 1 のパターンの変化に基づいて手や腕を検出する例を挙げる。

[0087] 検出部 1 3 3 は、手や腕が写っている第 2 画像 1 6 2 を取得すると、その第 2 画像 1 6 2 から検出光 1 5 1 の切断点 1 7 0 を抽出する。検出部 1 3 3 は、切断点 1 7 0 を結んで第 1 領域 1 7 1 を設定する。また、検出部 1 3 3 は、第 1 領域 1 7 1 を拡大して第 2 領域 1 7 2 を設定する。検出部 1 3 3 は、第 1 画像 1 6 1 から第 2 領域 1 7 2 の内部を削除した画像データ（検出用画像 1 6 5）を生成する。

[0088] 検出部 1 3 3 は、検出用画像 1 6 5 から、作業者が次に作業を行う予定の作業対象箇所 1 0 5 を検出する。検出部 1 3 3 は、検出用画像 1 6 5 から作業対象箇所 1 0 5 を検出すると、その作業対象箇所 1 0 5 の位置座標を抽出する。検出部 1 3 3 は、抽出した作業対象箇所 1 0 5 の位置座標を投射条件設定部 1 3 6 に出力する。

[0089] 指示光 1 5 5 を投射中であっても、検出光の投射から作業対象箇所 1 0 5 の検出までの一連の処理を継続すれば、指示光 1 5 5 の照射位置は正しい位置に補正される。また、指示光 1 5 5 の照射位置の精度をより向上させるために、指示光 1 5 5 が照射された画像データを検出部 1 3 3 が取得した際に、指示光 1 5 5 が表示されている位置と、作業対象 1 0 0 との位置とが一致するか否かを検証するように構成してもよい。指示光 1 5 5 が表示されている位置と、作業対象 1 0 0 との位置とのずれが検出された場合、そのずれの程度に応じて指示光 1 5 5 の照射位置を補正するように構成すれば、指示光 1 5 5 の照射位置の精度が向上する。

[0090] 投射条件設定部 1 3 6 は、検出光 1 5 1 や指示光 1 5 5 を投射するための投射条件を設定する。投射条件設定部 1 3 6 が設定する投射条件には、後述の光源制御条件および変調素子制御条件が含まれる。投射条件設定部 1 3 6 は、設定した投射条件を投射制御部 1 3 9 に出力する。

[0091] 投射条件設定部 1 3 6 は、作業対象 1 0 0 の表面に表示させる像に対応するパターンを投射条件記憶部 1 3 7 から取得する。例えば、投射装置 1 2 が

位相変調型の空間光変調素子 126 を含む場合、作業対象 100 の表面に表示させる情報に対応するパターンは位相分布である。以下においては、位相変調型の空間光変調素子 126 を用いる例について説明する。

[0092] 投射条件設定部 136 は、投射装置 12 から光を出射させるタイミングや、出射させる光の出力を制御するための光源制御条件を設定する。光源制御条件は、投射装置 12 に含まれる照射部 121 が光 120 を出射するタイミングを制御するための条件である。例えば、光源制御条件は、投射条件記憶部 137 に記憶させておけばよい。

[0093] また、投射条件設定部 136 は、作業対象 100 の表面に表示させる像を制御するための変調素子制御条件を設定する。変調素子制御条件は、作業対象 100 の表面に表示させる像に対応するパターンを空間光変調素子 126 の表示部に表示させる条件に相当する。例えば、変調素子制御条件は、投射条件記憶部 137 に予め記憶させておく。

[0094] 空間光変調素子 126 の表示部にパターンが表示させた状態で、照射部 121 からの光 120 がその表示部に照射されると、そのパターンに対応する像を表示させるための投射光 150 が投射される。

[0095] 投射条件設定部 136 は、検出光 151 を照射するタイミングにおいて、検出光 151 のパターンを表示させるための位相分布を投射条件記憶部 137 から取得する。投射条件設定部 136 は、取得した位相分布と、検出光 151 の照射位置と、投射タイミングとを含む投射条件を投射制御部 139 に出力する。なお、検出光 151 の投射時間は、作業者が視認できない程度の短い時間に設定されることが好ましい。

[0096] また、投射条件設定部 136 は、作業対象箇所 105 の位置座標を取得すると、作業対象箇所 105 に指示光 155 を表示させるための位相分布を投射条件記憶部 137 から取得する。投射条件設定部 136 は、取得した位相分布と、指示光 155 の照射位置と、投射タイミングとを含む投射条件を投射制御部 139 に出力する。指示光 155 の投射時間は、作業者が視認できる時間に設定される。

[0097] 投射条件記憶部 137 には、検出光 151 に対応するパターンと、指示光 155 に対応するパターンとが記憶される。本実施形態の場合、投射条件記憶部 137 には、検出光 151 に対応する位相分布と、指示光 155 に対応する位相分布とが記憶される。また、投射条件記憶部 137 には、図形や記号、数字、文字等の情報を作業対象 100 の表面に表示させるためのパターンを記憶させておいてもよい。また、投射条件記憶部 137 には、投射条件に含まれる光源制御条件や変調素子制御条件が記憶される。また、投射条件記憶部 137 には、作業対象 100 に対して行われる作業の順序や、指示光 155 を表示させる位置が記憶される。

[0098] 投射制御部 139 は、投射条件設定部 136 から投射条件を取得する。投射制御部 139 は、投射条件設定部 136 が設定した投射条件に応じて、作業対象 100 の表面に投射光 150 を投射するように投射装置 12 を制御する。投射制御部 139 は、表示させる像に対応するパターンを空間光変調素子 126 の表示部に表示させるタイミングと、投射装置 12 の照射部 121 から照射される光の照射タイミングとを同期させる。その結果、作業対象 100 の表面には、空間光変調素子 126 の表示部に表示されたパターンに対応する像が表示される。

[0099] 以上が、ウェアラブルデバイス 1 の構成の詳細についての説明である。なお、図 9～図 13 の構成は一例であって、本実施形態のウェアラブルデバイス 1 の構成をそのままの形態に限定するものではない。

[0100] (動作)

次に、本実施形態のウェアラブルデバイス 1 の動作について図面をしながら説明する。以下においては、ウェアラブルデバイス 1 の動作の概略(図 14)を説明した後に、制御装置 13 による指示光投射条件設定処理(図 15)について説明する。

[0101] 図 14 は、ウェアラブルデバイス 1 の動作の概略について説明するためのフローチャートである。図 14 のフローチャートに沿った説明においては、ウェアラブルデバイス 1 を動作の主体として説明する。

- [0102] 図14において、まず、ウェアラブルデバイス1は、検出光151を照射せずに作業対象100を撮像する（ステップS11）。このとき、ウェアラブルデバイス1は、検出光151が照射されていない作業対象100の画像（第1画像）を生成する。
- [0103] 次に、ウェアラブルデバイス1は、検出光151を照射して作業対象100を撮像する（ステップS12）。このとき、ウェアラブルデバイス1は、検出光151が照射された作業対象100の画像（第2画像）を生成する。
- [0104] ここで、ウェアラブルデバイス1は、第2画像に手や腕が含まれるか検証する（ステップS13）。例えば、ウェアラブルデバイス1は、検出光151に変化が見られた際に、第2画像に手や腕が含まれると判断する。
- [0105] 第2画像において手や腕が検出された場合（ステップS13でYes）、ウェアラブルデバイス1は、指示光投射条件設定処理を実行する（ステップS14）。指示光投射条件設定処理は、第2画像から検出された手や腕の領域を第1画像から削除した検出用画像を生成し、その検出用画像から作業対象箇所を検出して指示光の投射条件を設定する処理である。指示光投射条件設定処理の詳細については、図15のフローチャートに沿って後で説明する。一方、第2画像において手や腕が検出されなかった場合（ステップS13でNo）、ステップS11に戻る。
- [0106] 指示光投射条件設定処理（ステップS14）の次に、ウェアラブルデバイス1は、検出された作業対象箇所に指示光155を投射する（ステップS15）。
- [0107] そして、処理を継続する場合（ステップS16でYes）、ステップS11に戻る。一方、処理を継続しない場合（ステップS16でNo）、図14のフローチャートに沿った処理を終了とする。図14のフローチャートに沿った処理は、ウェアラブルデバイス1を装着した作業者が作業を継続する期間、継続される。なお、図14のフローチャートに沿った処理は、作業者の判断によって終了されてもよいし、作業者に指示を与える管理者の判断によって終了されてもよい。また、図14のフローチャートに沿った処理は、予

め設定されたタイミングで自動的に終了するようにしてもよい。

[0108] 以上が、ウェアラブルデバイス 1 の動作の概略についての説明である。なお、図 1 4 のフローチャートは一例であって、ウェアラブルデバイス 1 の動作の概略をそのままの手順に限定するものではない。

[0109] [指示光投射条件設定処理]

図 1 5 は、制御装置 1 3 による指示光投射条件設定処理について説明するためのフローチャートである。図 1 5 のフローチャートに沿った説明においては、制御装置 1 3 を動作の主体として説明する。

[0110] 図 1 5 において、まず、制御装置 1 3 は、第 2 画像 1 6 2 から検出光 1 5 1 の切断点 1 7 0 を抽出する（ステップ S 1 5 1）。

[0111] 次に、制御装置 1 3 は、切断点 1 7 0 を結んで第 1 領域 1 7 1 を設定する（ステップ S 1 5 2）。

[0112] 次に、制御装置 1 3 は、第 1 領域 1 7 1 を拡大して第 2 領域 1 7 2 を設定する（ステップ S 1 5 3）。

[0113] 次に、制御装置 1 3 は、第 1 画像 1 6 1 から第 2 領域 1 7 2 の内部を削除し、検出用画像 1 6 5 を生成する（ステップ S 1 5 4）。

[0114] 次に、制御装置 1 3 は、検出用画像 1 6 5 から作業対象箇所 1 0 5 を検出する（ステップ S 1 5 5）。

[0115] 次に、制御装置 1 3 は、投射装置 1 2 に指示光を投射させるための投射条件を生成する（ステップ S 1 5 6）。

[0116] そして、制御装置 1 3 は、生成した投射条件を投射装置 1 2 に出力する（ステップ S 1 5 7）。

[0117] 以上が、制御装置 1 3 による指示光投射条件設定処理についての説明である。なお、図 1 5 のフローチャートは一例であって、制御装置 1 3 による指示光投射条件設定処理をそのままの手順に限定するものではない。

[0118] 以上のように、本実施形態のウェアラブルデバイスは、撮像装置、制御装置、および投射装置を備える。撮像装置は、画像データを生成する。制御装置は、画像データを撮像装置から取得し、取得した作業領域の画像データに

基づいて投射条件を設定する。投射装置は、制御装置から投射条件を取得し、取得した投射条件に応じた光を投射する。制御装置は、所定の模様を形成する検出光を投射するための第1投射条件を設定する。制御装置は、検出光が照射されていないときに撮像された第1画像と、検出光が照射されているときに撮像された第2画像とを取得する。制御装置は、第2画像から検出される所定の模様の状態に基づいて第1領域を設定し、少なくとも第1領域を第1画像から除いた検出用画像を生成する。制御装置は、検出用画像から抽出される特徴に基づいて指示光照射位置を設定し、指示光照射位置に指示光を投射するための第2投射条件を設定する。

[0119] 本実施形態の一態様において、制御装置は、所定の模様として縞状の模様を形成する検出光を投射するための第1投射条件を設定する。制御装置は、第1投射条件に応じて検出光が照射されているときに撮像された第2画像を取得し、取得した第2画像から検出される縞状の模様の不連続箇所を結ぶことによって第1領域を設定する。

[0120] 本実施形態の一態様において、制御装置は、第2画像において検出される所定の模様の不連続箇所を結ぶことによって第1領域を設定し、少なくとも第1領域の内部を第1画像から除くことによって検出用画像を生成する。また、本実施形態の一態様において、制御装置は、第1領域を拡大した第2領域を設定し、第2領域の内部を第1画像から削除することによって検出用画像を生成する。

[0121] 本実施形態のウェアラブルデバイスにおいては、作業対象に対して作業を行う作業体を除いた画像データから指示光照射位置を検出するので、手や腕などの作業体が生成する特徴によって指示光照射位置の特徴が検出されにくくなることがない。そのため、本実施形態のウェアラブルデバイスによれば、指示光照射位置の検出精度が向上する。すなわち、本実施形態のウェアラブルデバイスによれば、大掛かりな装置を用いずに、作業支援のための情報を表示させる位置を確実に抽出し、適切な作業支援を実現することができる。

[0122] (第2の実施形態)

次に、本発明の第2の実施形態に係るウェアラブルデバイスについて図面を参照しながら説明する。本実施形態のウェアラブルデバイスは、検出光の照射によって検出された手のひらに指示光を表示させる点において第1の実施形態とは異なる。

[0123] (構成)

図16は、本実施形態のウェアラブルデバイス2の構成の一例を示すブロック図である。ウェアラブルデバイス2は、撮像装置21、投射装置22、および制御装置23を備える。制御装置23は、撮像装置21および投射装置22に接続される。撮像装置21および投射装置22の構成は第1の実施形態と同様であるので、以下においては制御装置23の構成について説明する。

[0124] [制御装置]

図16のように、制御装置23は、撮像制御部231、検出部233、投射条件設定部236、投射条件記憶部237、および投射制御部239を有する。

[0125] 撮像制御部231は、作業対象を含む範囲を撮像装置21に撮像させ、撮像装置21が撮像した画像データを取得する。撮像制御部231は、取得した画像データを検出部233に出力する。

[0126] 検出部233は、撮像制御部231から画像データを取得する。検出部233は、検出光が照射されていない画像データ（第1画像）と、検出光が照射されている画像データ（第2画像）とを取得する。

[0127] 検出部233は、取得した画像データから手や腕、手のひら、作業対象箇所、検出光、指示光などを検出する。検出部233は、画像データに含まれる特徴に基づいて、投射範囲内に進入した人体の一部（手や腕）や、作業対象箇所を検出する。例えば、検出部233は、取得した画像データに含まれる形状や色などの特徴に基づいて、人体の一部や作業対象箇所を検出する。また、検出部233は、取得した画像データにそれまでは写っていなかった

特徴が検出された際に、その特徴が人体に起因するとみなして検出してもよい。本実施形態においては、検出部233は、第2画像に写っている検出光の模様の変化に基づいて手や腕を検出する例を挙げる。

[0128] 検出部233は、手や腕が写っている第2画像を取得すると、その第2画像から検出光の切断点を抽出する。検出部233は、切断点を結んで第1領域を設定する。また、検出部233は、第1領域を拡大して第2領域を設定する。検出部233は、第1画像から第2領域の外部を削除した画像データ（検出用画像）を生成する。

[0129] 検出部233は、検出用画像から、作業者の手のひらを検出する。検出部233は、検出用画像から手のひらを検出すると、その手のひらの位置座標を抽出する。検出部233は、抽出した手のひらの位置座標を投射条件設定部236に出力する。例えば、検出部233は、手の輪郭や指の形状、しわなどの特徴に基づいて手のひらを検出する。

[0130] 投射条件設定部236は、検出光や指示光を投射するための投射条件を設定する。投射条件設定部236が設定する投射条件には、光源制御条件および変調素子制御条件が含まれる。投射条件設定部236は、設定した投射条件を投射制御部239に出力する。

[0131] 投射条件設定部236は、作業対象の表面に表示させる像に対応するパターンを投射条件記憶部237から取得する。例えば、投射装置22が位相変調型の空間光変調素子を含む場合、作業対象の表面に表示させる情報に対応するパターンは位相分布である。以下においては、位相変調型の空間光変調素子を用いる例について説明する。

[0132] 投射条件設定部236は、投射装置22から光を出射させるタイミングや、出射させる光の出力を制御するための光源制御条件を設定する。光源制御条件は、投射装置22に含まれる照射部（図示しない）が光を出射するタイミングを制御するための条件である。例えば、光源制御条件は、投射条件記憶部237に記憶させておけばよい。

[0133] また、投射条件設定部236は、作業対象の表面や手のひらに表示させる

像を制御するための変調素子制御条件を設定する。変調素子制御条件は、作業対象の表面や手のひらに表示させる像に対応するパターンを空間光変調素子の表示部に表示させる条件に相当する。例えば、変調素子制御条件は、投射条件記憶部 237 に記憶させておけばよい。空間光変調素子の表示部にパターンが表示させた状態で、その表示部に光が照射されると、そのパターンに対応する像を作業対象の表面や手のひらに表示させるための投射光が投射される。

[0134] 投射条件設定部 236 は、検出光を照射するタイミングにおいて、検出光のパターンを表示させるための位相分布を投射条件記憶部 237 から取得する。投射条件設定部 236 は、取得した位相分布と、検出光の照射位置と、投射タイミングとを含む投射条件を投射制御部 239 に出力する。なお、検出光の投射時間は、作業者が視認できない程度の短い時間に設定されることが好ましい。

[0135] また、投射条件設定部 236 は、手のひらの位置座標を取得すると、手のひらに指示光を表示させるための位相分布を投射条件記憶部 237 から取得する。投射条件設定部 236 は、取得した位相分布と、指示光の照射位置と、投射タイミングとを含む投射条件を投射制御部 239 に出力する。指示光は、作業者が視認できる時間に設定される。

[0136] 投射条件記憶部 237 には、検出光に対応するパターンと、指示光に対応するパターンとが記憶される。本実施形態の場合、投射条件記憶部 237 には、検出光に対応する位相分布と、指示光に対応する位相分布とが記憶される。また、投射条件記憶部 237 には、図形や記号、数字、文字等の情報を手のひらに表示させるためのパターンを記憶させておいてもよい。また、投射条件記憶部 237 には、投射条件に含まれる光源制御条件や変調素子制御条件が記憶される。

[0137] 投射制御部 239 は、投射条件設定部 236 から投射条件を取得する。投射制御部 239 は、投射条件設定部 236 が設定した投射条件に応じて、手のひらに投射光を投射するように投射装置 22 を制御する。投射制御部 23

9は、表示させる像に対応するパターンを空間光変調素子の表示部に表示させるタイミングと、投射装置22の照射部（図示しない）から照射される光の照射タイミングとを同期させる。その結果、手のひらには、空間光変調素子の表示部に表示されたパターンに対応する像が表示される。

[0138] 以上が、制御装置23の構成の詳細についての説明である。なお、図16は一例であって、本実施形態の制御装置23の構成をそのままの形態や手順に限定するものではない。

[0139] 〔作業対象箇所の検出〕

ここで、制御装置23が、画像データから手を検出し、手のひらを検出するまでの手順について図面を参照しながら説明する。

[0140] 図17は、制御装置23が、画像データから手を検出し、第1領域を設定するまでの手順を示す概念図である。

[0141] 制御装置23は、検出光251が照射されていない画像データ（第1画像261）を撮像装置21から取得する（A）。また、制御装置23は、検出光251が照射された画像データ（第2画像262）を撮像装置21から取得する（B）。第2画像262には、検出光251の模様（縦縞のストライプ）が写っている。このときに制御装置23が取得する第1画像261および第2画像262は、連続したタイミングにおいて撮像されたものである。なお、第1画像261と第2画像262の撮像順番は入れ替わってもよい。

[0142] 制御装置23は、第2画像262を取得すると（B）、検出光251の切断点270を抽出する（C）。図17のように、第2画像262に手が写っていると、背景と比べて手や腕の方が撮像装置21に近いため、手や腕に照射された検出光251の模様がずれる。その結果、背景に照射された検出光251の縦縞のストライプには切断点270が表れる。図17のように、第2画像262に手が写っていると、複数の切断点270が表れる。制御装置23は、抽出された複数の切断点270を結んで第1領域271を設定する（D）。

[0143] 図18は、制御装置23が、手の輪郭を抽出し、指示光照射領域205と

して手のひらを検出するまでの手順を示す概念図である。

[0144] 制御装置 23 は、第 1 領域 271 を設定すると (D)、第 1 領域 271 を拡大して第 2 領域 272 を設定する (E)。制御装置 23 は、第 1 画像 261 から第 2 領域 272 の外部を削除し、第 1 画像 261 から第 2 領域 272 の外部が削除された画像データ (検出用画像 265) を生成する (F)。第 1 領域 271 は、手の輪郭上の点を結んだ領域になるため、第 1 画像 261 から第 1 領域 271 の外部を削除すると、手の一部が画像データから削除されてしまい、手の輪郭から特徴を抽出しにくくなる。そのため、第 1 領域 271 を拡大した第 2 領域 272 を設定し、第 1 画像 261 から第 2 領域 272 の外部を削除する。なお、検出用画像 265 は、指示光照射領域 205 を検出できる程度であれば、手の一部が削除されていてもよい。

[0145] そして、制御装置 23 は、検出用画像 265 から指示光照射領域 205 を検出する (G)。制御装置 23 は、指示光照射領域 205 を検出すると、その指示光照射領域 205 に指示光を投射するための投射条件を生成し、生成した投射条件を投射装置 22 に出力する。例えば、指示光照射領域 205 に表示されるパターンは、作業指示を示す図形や、記号、文字など、作業状況に応じて任意に設定できる。

[0146] 以上が、ウェアラブルデバイス 2 の構成についての説明である。なお、図 16～図 18 は一例であって、本実施形態のウェアラブルデバイス 1 の構成や処理などをそのままの形態や手順に限定するものではない。

[0147] (動作)

次に、本実施形態のウェアラブルデバイス 2 の動作について図面を参照しながら説明する。以下においては、ウェアラブルデバイス 2 の動作の概略については省略し、制御装置 23 による指示光投射条件設定処理 (図 19) について説明する。なお、以下においては、指示光の照射対象を作業対象箇所と手のひらとで切り替え可能な例について説明する。例えば、作業者が手のひらを下に向けているときには作業対象箇所に指示光を照射し、作業者が手のひらを上に向けているときには手のひらに指示光を照射するように切り替

える。

[0148] 〔指示光投射条件設定処理〕

図19は、制御装置23による指示光投射条件設定処理について説明するためのフローチャートである。図19のフローチャートに沿った説明においては、制御装置23を動作の主体として説明する。

[0149] 図19において、まず、制御装置23は、第2画像262から検出光251の切断点270を抽出する（ステップS251）。

[0150] 次に、制御装置23は、切断点270を結んで第1領域271を設定する（ステップS252）。

[0151] 次に、制御装置23は、第1領域271を拡大して第2領域272を設定する（ステップS253）。

[0152] ここで、照射対象が手の場合（ステップS254でYes）、制御装置23は、第2領域272の外部を削除することで検出用画像265を生成する（ステップS255）。例えば、制御装置23は、手の平が上を向いていることを検出した際には、照射対象が手であると判定してステップS255の処理を行う。

[0153] 一方、照射対象が背景（作業対象箇所）である場合（ステップS254でNo）、制御装置23は、第2領域の内部を削除することで検出用画像265を生成する（ステップS256）。例えば、制御装置23は、手の平が下を向いていることを検出した際には、照射対象が作業対象箇所であると判定してステップS256の処理を行う。

[0154] 次に、制御装置23は、検出用画像265から指示光照射領域205を検出する（ステップS257）。照射対象が手のひらの場合（ステップS254でNo）、指示光照射領域205は手のひらに設定される。一方、照射対象が作業対象箇所である場合（ステップS254でNo）、指示光照射領域205は背景（作業対象箇所）に設定される。

[0155] そして、制御装置23は、投射装置22に指示光を投射させるための投射条件を生成し、生成した投射条件を投射装置22に出力する（ステップS2

58)。

[0156] 以上が、制御装置23による指示光投射条件設定処理についての説明である。なお、図19のフローチャートは一例であって、指示光投射条件設定処理をそのままの手順に限定するものではない。

[0157] 以上のように、本実施形態のウェアラブルデバイスは、第2画像において検出される所定の模様の不連続箇所を結ぶことによって第1領域を形成し、少なくとも第1領域の外部を第1画像から除くことによって検出用画像を生成する。より好ましくは、第1領域を拡大させて第2領域を設定し、第2領域の外部を第1画像から除くことによって検出用画像を生成する。本実施形態のウェアラブルデバイスは、検出用画像から抽出された手や腕などの作業体を指示光照射位置に設定し、その指示光照射位置に向けて指示光を照射する。

[0158] 本実施形態のウェアラブルデバイスによれば、作業対象を撮像した画像データから背景を除くことによって、作業体から特徴を抽出しやすくなる。そのため、本実施形態のウェアラブルデバイスによれば、指示光照射位置の検出精度が向上する。すなわち、本実施形態のウェアラブルデバイスによれば、大掛かりな装置を用いずに、作業支援のための情報を表示させる位置を確実に抽出し、適切な作業支援を実現することができる。

[0159] (第3の実施形態)

次に、本発明の第3の実施形態に係るウェアラブルデバイスについて図面を参照しながら説明する。本実施形態のウェアラブルデバイスは、作業者の手や腕が検出されるまでは低密度の検出光を照射し、手や腕が検出された時点で照射範囲を絞って高密度の検出光を照射する点において第1の実施形態とは異なる。

[0160] (構成)

図20は、本実施形態のウェアラブルデバイス3の構成の一例を示すブロック図である。ウェアラブルデバイス3は、撮像装置31、投射装置32、および制御装置33を備える。撮像装置31および投射装置32の構成は第

1の実施形態と同様であるので、以下においては制御装置33の構成について説明する。

[0161] 〔制御装置〕

図20のように、制御装置33は、撮像制御部331、検出部333、推定部334、位相分布変換部335、投射条件設定部336、投射条件記憶部337、および投射制御部339を有する。

[0162] 撮像制御部331は、作業対象を含む範囲を撮像装置31に撮像させ、撮像装置31が撮像した画像データを取得する。撮像制御部331は、取得した画像データを検出部333に出力する。

[0163] 検出部333は、撮像制御部331から画像データを取得する。検出部333は、検出光が照射されていない画像データ（第1画像）と、検出光が照射されている画像データ（第2画像）とを取得する。

[0164] 検出部333は、取得した画像データから手や腕、作業対象箇所、検出光、指示光などを検出する。検出部333は、画像データに含まれる特徴に基づいて、投射範囲内に進入した人体の一部（手や腕）や、作業対象箇所を検出する。例えば、検出部333は、取得した画像データに含まれる形状や色などの特徴に基づいて、人体の一部や作業対象箇所を検出する。また、検出部333は、取得した画像データにそれまでは写っていなかった特徴が検出された際に、その特徴が人体に起因するとみなして検出してもよい。本実施形態においては、検出部333は、第2画像に写っている検出光の模様の変化に基づいて手や腕を検出する例を挙げる。

[0165] 検出部333は、手や腕が写っている第2画像を取得すると、その第2画像から検出光の切断点を抽出する。検出部333は、切断点を結んで第1領域を設定する。また、検出部333は、第1領域を拡大して第2領域を設定する。検出部333は、第1画像から第2領域の内部を削除した画像データ（検出用画像）を生成する。

[0166] また、検出部333は、手や腕が写っている第2画像を取得すると、手や腕の動きを推定するための情報（推定補助情報とも呼ぶ）を推定部334に

出力する。例えば、検出部 333 は、抽出した切断点を撮像時間に関連付けて推定部 334 に出力する。

[0167] 検出部 333 は、検出用画像から、作業者が次に作業を行う予定の作業対象箇所を検出する。検出部 333 は、検出用画像から作業対象箇所を検出すると、その作業対象箇所の位置座標を抽出する。検出部 333 は、抽出した作業対象箇所の位置座標を投射条件設定部 336 に出力する。

[0168] 推定部 334 は、手の動きを推定するための推定補助情報を検出部 333 から取得する。推定部 334 は、取得した推定補助情報に基づいて作業者の手の動きを推定し、次回に投射する検出光の照射範囲を設定する。推定部 334 は、設定した検出光の照射範囲を位相分布変換部 335 に出力する。

[0169] 例えば、推定部 334 は、撮像時間に関連付けられた切断点の座標を推定補助情報として検出部 333 から取得する。推定部 334 は、今回の検出光の投射タイミングまでの期間に撮像された第 2 画像から抽出された複数の切断点の移動状況を比較する。そして、推定部 334 は、切断点の移動状況に基づいて次回の検出光の投射タイミングにおける照射範囲を設定する。

[0170] 推定部 334 は、一例として、今回の検出光の投射タイミングまでの期間に抽出された複数の切断点のそれぞれの移動速度や位置に基づいて、次回の検出光の投射タイミングにおける手の位置を推定する。推定部 334 は、一例として、今回の検出光の投射タイミングまでの期間に抽出された複数の切断点を結んだ第 1 領域の重心などの特徴的な箇所の移動速度や位置に基づいて、次回の検出光の投射タイミングにおける手の位置を推定する。なお、推定部 334 による手の動きの推定方法は、次回の検出光の投射タイミングにおける手の位置を推定できさえすれば、ここで挙げた方法に限定されない。

[0171] 位相分布変換部 335 は、検出光の照射範囲を推定部 334 から取得する。また、位相分布変換部 335 は、高密度の模様（密な検出光）を投射するための位相分布を投射条件記憶部 337 から取得する。位相分布変換部 335 は、投射条件記憶部 337 から取得した位相分布を、推定部 334 から取得した検出光の照射範囲に高密度の模様が表示されるための位相分布に変換

する。位相分布変換部 335 は、変換後の位相分布を投射条件設定部 336 に出力する。

[0172] 投射条件設定部 336 は、検出光や指示光を投射するための投射条件を設定する。投射条件設定部 336 が設定する投射条件には、光源制御条件および変調素子制御条件が含まれる。投射条件設定部 336 は、設定した投射条件を投射制御部 339 に出力する。

[0173] 投射条件設定部 336 は、作業対象の表面に表示させる像に対応するパターンを投射条件記憶部 337 から取得する。例えば、投射装置 32 が位相変調型の空間光変調素子を含む場合、作業対象の表面に表示させる情報に対応するパターンは位相分布である。以下においては、位相変調型の空間光変調素子を用いる例について説明する。

[0174] 投射条件設定部 336 は、投射装置 32 から光を出射させるタイミングや、出射させる光の出力を制御するための光源制御条件を設定する。光源制御条件は、投射装置 32 に含まれる照射部（図示しない）が光を出射するタイミングを制御するための条件である。例えば、光源制御条件は、投射条件記憶部 337 に予め記憶させておく。

[0175] また、投射条件設定部 336 は、作業対象表面に表示させる像を制御するための変調素子制御条件を設定する。変調素子制御条件は、作業対象の表面に表示させる像に対応する位相分布を空間光変調素子（図示しない）の表示部に表示させる条件に相当する。例えば、変調素子制御条件は、投射条件記憶部 337 に予め記憶させておく。空間光変調素子の表示部に位相分布が表示させた状態で、その表示部に光が照射されると、その位相分布に対応する画像を作業対象の表面に表示させるための投射光が投射される。

[0176] 投射条件設定部 336 は、検出光を照射するタイミングにおいて、検出光の模様を表示させるための位相分布を投射条件記憶部 337 から取得する。手や腕が検出されていない段階において、投射条件設定部 336 は、低密度の模様（疎な検出光）を投射するための位相分布を投射条件記憶部 337 から取得する。一方、手や腕が検出されると、投射条件設定部 336 は、推定

部 3 3 4 によって設定された照射範囲に高密度の模様（密な検出光）を投射するための位相分布を位相分布変換部 3 3 5 から取得する。

[0177] 投射条件設定部 3 3 6 は、取得した位相分布と、検出光の照射位置と、投射タイミングとを含む投射条件を投射制御部 3 3 9 に出力する。なお、検出光の投射時間は、作業者が視認できない程度の短い時間に設定されることが好ましい。

[0178] また、投射条件設定部 3 3 6 は、作業対象箇所の位置座標を取得すると、作業対象箇所に指示光を表示させるための位相分布を投射条件記憶部 3 3 7 から取得する。投射条件設定部 3 3 6 は、取得した位相分布と、指示光の照射位置と、投射タイミングとを含む投射条件を投射制御部 3 3 9 に出力する。指示光は、作業者が視認できる以上の時間表示させることが好ましい。

[0179] 投射条件記憶部 3 3 7 には、検出光に対応するパターンと、指示光に対応するパターンとが記憶される。検出光に対応するパターンには、疎な検出光（粗い模様）に対応するパターンと、密な検出光（細かい模様）に対応するパターンが含まれる。本実施形態の場合、投射条件記憶部 3 3 7 には、疎な検出光（粗い模様）に対応する位相分布と、密な検出光（細かい模様）に対応する位相分布と、指示光に対応する位相分布とが記憶される。また、投射条件記憶部 3 3 7 には、図形や記号、数字、文字等の情報を作業対象の表面に表示させるためのパターンを記憶させておいてもよい。また、投射条件記憶部 3 3 7 には、投射条件に含まれる光源制御条件や変調素子制御条件が記憶される。

[0180] 投射制御部 3 3 9 は、投射条件設定部 3 3 6 から投射条件を取得する。投射制御部 3 3 9 は、投射条件設定部 3 3 6 が設定した投射条件に応じて、作業対象の表面に投射光を投射するように投射装置 3 2 を制御する。投射制御部 3 3 9 は、表示させる像に対応するパターンを空間光変調素子の表示部に表示させるタイミングと、投射装置 3 2 の照射部（図示しない）から照射される光の照射タイミングとを同期させる。

[0181] 図 2 1 は、検出光の照射範囲を設定する例について説明するための概念図

である。1回目の検出光の投射タイミングにおいて、投射装置32は、全領域に向けて、疎な検出光351-1を照射する。このとき、全領域に粗い検出光351-1が表示された第2画像362-1が取得される(A)。1回目の検出光の投射タイミングにおいて手が検出されると、2回目以降の検出光の投射タイミングにおいて、投射装置32は、照射範囲353が設定された密な検出光351-2を照射する。このとき、照射範囲353の内部に密な検出光351-2が表示された第2画像362-2が取得される(B)。2回目以降の検出光の投射タイミングにおいて、手の動きに追従できない状況になった場合は、全領域に向けて検出光351-1を照射しなおせばよい。

[0182] 以上が、制御装置33の構成の詳細についての説明である。なお、図20および図21は一例であって、本実施形態の制御装置33の構成をそのままの形態や手順に限定するものではない。

[0183] (動作)

次に、本実施形態のウェアラブルデバイス3の動作について図面をしながら説明する。以下においては、ウェアラブルデバイス3の動作の概略(図22)を説明した後に、制御装置33による指示光投射条件設定処理(図23)と検出光投射条件設定処理(図24)について説明する。

[0184] 図22は、ウェアラブルデバイス3の動作の概略について説明するためのフローチャートである。図22のフローチャートに沿った説明においては、ウェアラブルデバイス3を動作の主体として説明する。

[0185] 図22において、まず、ウェアラブルデバイス3は、疎な検出光を照射して作業対象を撮像する(ステップS31)。このとき、ウェアラブルデバイス3は、疎な検出光が照射された作業対象の画像(第2画像)を生成する。

[0186] ここで、ウェアラブルデバイス3は、第2画像に手や腕が含まれるか検証する(ステップS32)。例えば、ウェアラブルデバイス3は、検出光に変化が見られた際に、第2画像に手や腕が含まれると判断する。

[0187] 第2画像において手や腕が検出された場合(ステップS32でYes)、

密な検出光を照射して作業対象を撮像する（ステップS 3 3）。このとき、ウェアラブルデバイス3は、密な検出光が照射された作業対象の画像（第2画像）を生成する。一方、第2画像において手や腕が検出されなかった場合（ステップS 3 2でN o）、ステップS 3 1に戻る。

[0188] 次に、ウェアラブルデバイス3は、検出光を照射せずに作業対象を撮像する（ステップS 3 4）。このとき、ウェアラブルデバイス3は、検出光が照射されていない作業対象の画像（第1画像）を生成する。

[0189] 次に、ウェアラブルデバイス3は、指示光投射条件設定処理を実行する（ステップS 3 5）。指示光投射条件設定処理は、第2画像から検出された手や腕の領域を第1画像から削除した検出用画像を生成し、その検出用画像から作業対象箇所を検出して指示光の投射条件を設定する処理である。指示光投射条件設定処理の詳細については、図23のフローチャートに沿って後で説明する。

[0190] 指示光投射条件設定処理（ステップS 3 5）の次に、ウェアラブルデバイス3は、検出された作業対象箇所に指示光を投射する（ステップS 3 6）。

[0191] 次に、ウェアラブルデバイス3は、検出光投射条件設定処理を実行する（ステップS 3 7）。検出光投射条件設定処理は、検出された手や腕の動きに合わせて検出光の照射範囲を設定する処理を含む。

[0192] そして、処理を継続する場合（ステップS 3 8でY e s）、ステップS 3 3に戻る。一方、処理を継続しない場合（ステップS 3 8でN o）、図22のフローチャートに沿った処理を終了とする。図22のフローチャートに沿った処理は、ウェアラブルデバイス3を装着した作業者が作業を継続する期間、継続される。なお、図22のフローチャートに沿った処理は、作業者の判断によって終了されてもよいし、作業者に指示を与える管理者の判断によって終了されてもよい。また、図22のフローチャートに沿った処理は、予め設定されたタイミングで自動的に終了するようにしてもよい。

[0193] 以上が、ウェアラブルデバイス1の動作の概略についての説明である。なお、図22のフローチャートは一例であって、ウェアラブルデバイス3の動

作の概略をそのままの手順に限定するものではない。

[0194] 〔指示光投射条件設定処理〕

図 2 3 は、制御装置 3 3 による指示光投射条件設定処理について説明するためのフローチャートである。図 2 3 のフローチャートに沿った説明においては、制御装置 3 3 を動作の主体として説明する。

[0195] 図 2 3 において、まず、制御装置 3 3 は、第 2 画像から検出光の切断点を抽出する（ステップ S 3 5 1）。

[0196] 次に、制御装置 3 3 は、切断点を結んで第 1 領域を設定する（ステップ S 3 5 2）。

[0197] 次に、制御装置 3 3 は、第 1 領域を拡大して第 2 領域を設定する（ステップ S 3 5 3）。

[0198] 次に、制御装置 3 3 は、第 2 領域の内部を削除することで検出用画像を生成する（ステップ S 3 5 4）。

[0199] 次に、制御装置 3 3 は、検出用画像から作業対象領域を検出する（ステップ S 3 5 5）。

[0200] 次に、制御装置 3 3 は、投射装置 3 2 に指示光を投射させるための投射条件を生成する（ステップ S 3 5 6）。

[0201] そして、制御装置 3 3 は、生成した投射条件を投射装置 3 2 に出力する（ステップ S 3 5 7）。

[0202] 以上が、制御装置 3 3 による指示光投射条件設定処理についての説明である。なお、図 2 3 のフローチャートは一例であって、制御装置 3 3 による指示光投射条件設定処理をそのままの手順に限定するものではない。

[0203] 〔検出光投射条件設定処理〕

図 2 4 は、制御装置 3 3 による検出光投射条件設定処理について説明するためのフローチャートである。図 2 4 のフローチャートに沿った説明においては、制御装置 3 3 を動作の主体として説明する。

[0204] 図 2 4 において、まず、制御装置 3 3 は、検出された手や腕の動きを推定する（ステップ S 3 7 1）。例えば、制御装置 3 3 は、切断点の移動速度や

位置変化に基づいて手や腕の動きを推定する。

[0205] ここで、手や腕の動きを推定できた場合（ステップS 3 7 2でY e s）、制御装置3 3は、検出光の照射範囲を設定する（ステップS 3 7 3）。

[0206] 次に、制御装置3 3は、検出光の位相分布を、照射範囲が設定された検出光の位相分布に変換する（ステップS 3 7 4）。

[0207] 次に、制御装置3 3は、照射範囲が設定された検出光の投射条件を生成する（ステップS 3 7 5）。

[0208] 一方、手や腕の動きを推定できなかった場合（ステップS 3 7 2でN o）、制御装置3 3は、照射範囲を設定せずに検出光の投射条件を生成する（ステップS 3 7 6）。

[0209] そして、制御装置3 3は、設定された投射条件を投射装置3 2に出力する（ステップS 3 7 7）。

[0210] 以上が、制御装置3 3による検出光投射条件設定処理についての説明である。なお、図2 4のフローチャートは一例であって、検出光投射条件設定処理をそのままの手順に限定するものではない。

[0211] 以上のように、本実施形態のウェアラブルデバイスは、第2画像から検出される特徴に基づいて作業体の動きを推定し、作業体の動きに合わせて検出光の照射範囲を設定し、設定した検出光の照射範囲を第1投射条件に追加する制御装置を備える。また、制御装置は、作業体を検出するまでは疎な検出光を投射するように投射装置を制御し、作業体を検出中の期間においては密な検出光を投射するように投射装置を制御する。

[0212] 本実施形態のウェアラブルデバイスによれば、作業体の動きに合わせて検出光の照射範囲を設定することによって投射光の投射範囲を絞ることができるので、消費電力を低減できる。また、本実施形態のウェアラブルデバイスによれば、作業体を検出するまでは疎な検出光を投射し、作業体を検出中の期間においては密な検出光を投射するように投射装置を制御することによって、作業体を検出するまでの消費電力をさらに低減できる。

[0213] （第4の実施形態）

次に、本発明の第４の実施形態に係るウェアラブルデバイスについて図面を参照しながら説明する。本実施形態のウェアラブルデバイスは、検出光を投射する際に、投射光のパルス幅を小さくして出力を増大する点において第１の実施形態とは異なる。

[0214] （構成）

図２５は、本実施形態のウェアラブルデバイス４の構成の一例を示すブロック図である。ウェアラブルデバイス４は、撮像装置４１、投射装置４２、および制御装置４３を備える。撮像装置４１および投射装置４２の構成は第１の実施形態と同様であるので、以下においては制御装置４３の構成について説明する。

[0215] 〔制御装置〕

図２５のように、制御装置４３は、撮像制御部４３１、検出部４３３、投射条件設定部４３６、投射条件記憶部４３７、および投射制御部４３９を有する。

[0216] 撮像制御部４３１は、作業対象を含む範囲を撮像装置４１に撮像させ、撮像装置４１が撮像した画像データを取得する。撮像制御部４３１は、取得した画像データを検出部４３３に出力する。

[0217] 検出部４３３は、撮像制御部４３１から画像データを取得する。検出部４３３は、検出光が照射されていない画像データ（第１画像）と、検出光が照射されている画像データ（第２画像）とを取得する。

[0218] 検出部４３３は、取得した画像データから腕や手、検出光、作業対象箇所、指示光などを検出する。検出部４３３は、画像データに含まれる特徴に基づいて、投射範囲内に進入した人体の一部（手や腕）や、作業対象箇所を検出する。例えば、検出部４３３は、取得した画像データに含まれる形状や色などの特徴に基づいて、人体の一部や作業対象箇所を検出する。また、検出部４３３は、取得した画像データにそれまでは写っていなかった特徴が検出された際に、その特徴が人体に起因するとみなして検出してもよい。本実施形態においては、検出部４３３は、第２画像に写っている検出光の模様の変

化に基づいて手や腕を検出する例を挙げる。

[0219] 検出部433は、手や腕が写っている第2画像を取得すると、その第2画像から検出光の切断点を抽出する。検出部433は、切断点を結んで第1領域を設定する。また、検出部433は、第1領域を拡大して第2領域を設定する。検出部433は、第1画像から第2領域の内部を削除し、第2領域の内部が削除された画像データ（検出用画像）を生成する。

[0220] 検出部433は、検出用画像から、作業者が次に作業を行う予定の作業対象箇所を検出する。検出部433は、検出用画像から作業対象箇所を検出すると、その作業対象箇所の位置座標を抽出する。検出部433は、抽出した作業対象箇所の位置座標を投射条件設定部436に出力する。

[0221] 投射条件設定部436は、検出光や指示光を投射するための投射条件を設定する。投射条件設定部436が設定する投射条件には、光源制御条件および変調素子制御条件が含まれる。投射条件設定部436は、設定した投射条件を投射制御部439に出力する。

[0222] 投射条件設定部436は、作業対象の表面に表示させる像に対応するパターンを投射条件記憶部437から取得する。例えば、投射装置42が位相変調型の空間光変調素子を含む場合、作業対象の表面に表示させる情報に対応するパターンは位相分布である。以下においては、位相変調型の空間光変調素子を用いる例について説明する。

[0223] 投射条件設定部436は、投射装置42から光を出射させるタイミングや、出射させる光の出力を制御するための光源制御条件を設定する。光源制御条件は、投射装置42に含まれる照射部（図示しない）が光を出射するタイミングを制御するための条件である。例えば、光源制御条件は、投射条件記憶部437に記憶させておけばよい。

[0224] また、投射条件設定部436は、作業対象表面に表示させる像を制御するための変調素子制御条件を設定する。変調素子制御条件は、作業対象の表面に表示させる像に対応するパターンを空間光変調素子（図示しない）の表示部に表示させる条件に相当する。例えば、変調素子制御条件は、投射条件記

憶部 4 3 7 に記憶させておけばよい。

[0225] 空間光変調素子の表示部にパターンが表示された状態で、照射部からの光がその表示部に照射されると、そのパターンに対応する情報を作業対象の表面に表示させるための投射光が投射される。

[0226] 投射条件設定部 4 3 6 は、検出光を照射するタイミングにおいて、作業対象に検出光のパターンを表示させるための位相分布を投射条件記憶部 4 3 7 から取得する。投射条件設定部 4 3 6 は、取得した位相分布と、検出光の照射位置と、投射タイミングとを含む投射条件を投射制御部 4 3 9 に出力する。投射条件設定部 4 3 6 は、検出光の投射条件を設定する際には、投射装置 4 2 から光を出射させる時間を短くするとともに、出射させる光の出力を大きくするような光源制御条件を設定する。なお、検出光の投射時間は、作業者が視認できない程度の短い時間に設定されることが好ましい。

[0227] また、投射条件設定部 4 3 6 は、作業対象箇所の位置座標を取得すると、作業対象箇所に指示光を表示させるための位相分布を投射条件記憶部 4 3 7 から取得する。投射条件設定部 4 3 6 は、取得した位相分布と、指示光の照射位置と、投射タイミングとを含む投射条件を投射制御部 4 3 9 に出力する。指示光は、作業者が視認できる以上の時間表示させることが好ましい。

[0228] 投射条件記憶部 4 3 7 には、検出光に対応するパターンと、指示光に対応するパターンとが記憶される。本実施形態の場合、投射条件記憶部 4 3 7 には、検出光に対応する位相分布と、指示光に対応する位相分布とが記憶される。また、投射条件記憶部 4 3 7 には、図形や記号、数字、文字等の情報を作業対象の表面に表示させるためのパターンを記憶させておいてもよい。また、投射条件記憶部 4 3 7 には、投射条件に含まれる光源制御条件や変調素子制御条件が記憶される。

[0229] 投射制御部 4 3 9 は、投射条件設定部 4 3 6 から投射条件を取得する。投射制御部 4 3 9 は、投射条件設定部 4 3 6 が設定した投射条件に応じて、作業対象の表面に投射光を投射するように投射装置 4 2 を制御する。投射制御部 4 3 9 は、表示させる像に対応するパターンを空間光変調素子の表示部に

表示させるタイミングと、投射装置42の照射部（図示しない）から照射される光の照射タイミングとを同期させる。なお、撮像制御部431と投射制御部439とを接続し、投射装置42から検出光を投射させる際に、撮像装置41のシャッターが開いている時間を大きくする指示を撮像制御部431から撮像装置41に出力するように構成してもよい。

[0230] 図26は、撮像装置41の撮像タイミングと、投射装置42の検出光の投射タイミングとの関係について説明するための概念図である。図26のタイミングチャートの縦軸は、単位時間当たりの検出光の出力の目安である。図26の上段（A）は、第1の実施形態に係るウェアラブルデバイス1の撮像装置11の撮像タイミングと、投射装置12の検出光の投射タイミングとの関係の一例である。図26の中段（B）は、本実施形態に係るウェアラブルデバイス4の撮像タイミングと、投射装置42の検出光の投射タイミングとの関係の一例である。図26の下段（C）は、本実施形態に係るウェアラブルデバイス4の撮像タイミングと、投射装置42の検出光の投射タイミングとの関係の別の一例である。

[0231] 図26の中段（B）の例では、第1の実施形態と比べて、投射装置42からの検出光の投射タイミングにおいて、投射装置42からの投射光のパルス幅を短くするとともに、単位時間当たりの出力を大きくする。検出光の出射時間を短くし、出力を大きくすれば、検出光のコントラストが向上し、手の検出率が向上する。

[0232] 図26の下段（C）の例では、中段（B）の例と比べて、投射装置42からの検出光の投射タイミングにおいて、撮像装置41のシャッター開放時間を短くする。検出光の出射時間を短くし、出力を大きくすれば、検出光のコントラストが向上し、手の検出率が向上すれば、撮像装置41のシャッター開放時間を短くすることができる。

[0233] 以上が、制御装置43の構成の詳細についての説明である。なお、図25および図26は一例であって、本実施形態の制御装置43の構成をそのままの形態や手順に限定するものではない。

[0234] 以上のように、本実施形態の制御装置は、検出光のパルス幅を短くするとともに、単位時間当たりの出力を大きくする条件を第1投射条件に追加する。本実施形態によれば、単位時間当たりの出力を大きくすることによって検出光の検出精度を向上することができるので、所定の模様の不連続箇所をより高精度に抽出できる。そのため、本実施形態によれば、手や腕などの検出体を検出用画像から高精度で除くことができるので、第1の実施形態よりも高精度の作業精度を実現できる。

[0235] (第5の実施形態)

次に、本発明の第5の実施形態に係るウェアラブルデバイスについて図面を参照しながら説明する。本実施形態のウェアラブルデバイスは、外部システムに接続可能な通信装置を備える点において第1の実施形態とは異なる。

[0236] (構成)

図27は、本実施形態のウェアラブルデバイス5の構成の一例を示すブロック図である。ウェアラブルデバイス5は、撮像装置51、投射装置52、制御装置53、および通信装置55を備える。制御装置53は、投射装置52、制御装置53、および通信装置55に接続される。

[0237] 撮像装置51は、制御装置53の制御に応じて、作業対象を含む範囲を撮像する。撮像装置51は、作業対象を含む範囲を撮像することで生成される画像データを制御装置53に出力する。

[0238] 投射装置52は、制御装置53の制御に応じて、投射光を投射する。投射装置52は、作業者の手や腕を検出するための検出光を投射する。また、投射装置52は、作業者が次に作業を行う予定の作業対象箇所にその位置や指示を示す指示光を投射する。

[0239] 制御装置53は、撮像装置51および投射装置52を制御する。また、制御装置53は、通信装置55を介して、図示しない外部システムに接続される。

[0240] 制御装置53は、所定のタイミングで検出光を投射するための投射条件（第1投射条件とも呼ぶ）を生成し、生成した第1投射条件を投射装置52に

出力する。制御装置 5 3 は、撮像装置 5 1 を制御し、作業対象を含む範囲を撮像させる。制御装置 5 3 は、撮像装置 5 1 を制御し、検出光が表示されていない画像データ（第 1 画像）と、検出光が表示された画像データ（第 2 画像）とを連続したタイミングで撮像させる。制御装置 5 3 は、撮像装置 5 1 から第 1 画像および第 2 画像を取得し、取得した第 2 画像から作業者の手や腕を検出する。制御装置 5 3 は、作業者の手や腕を第 2 画像から検出すると、作業者の手や腕の範囲を第 1 画像から削除することによって検出用画像を生成する。制御装置 5 3 は、検出用画像から作業対象箇所を検出する。制御装置 5 3 は、検出した作業対象箇所に指示光を投射するための投射条件（第 2 投射条件とも呼ぶ）を生成し、生成した第 2 投射条件を投射装置 5 2 に出力する。

[0241] 通信装置 5 5 は、有線通信や無線通信によって、外部システムと通信する機能を有する。例えば、通信装置 5 5 は、有線通信や無線通信によって、図示しない情報処理装置や携帯端末、表示装置などとの接続を可能とする入出力インターフェースや通信インターフェースによって実現される。

[0242] 例えば、制御装置 5 3 は、外部システムからの指示に応じて、撮像装置 5 1 や投射装置 5 2 を制御する。また、例えば、制御装置 5 3 は、撮像装置 5 1 から取得する画像データを外部システムに出力する。例えば、第 1 画像や第 2 画像、検出用画像を外部システムにおいて確認できるように構成すれば、作業者の作業を遠隔で監視したり、作業者に対して遠隔で指示を行ったりすることが可能になる。

[0243] 以上のように、本実施形態のウェアラブルデバイスは、外部システムと制御装置とを通信可能に接続する通信装置を備える。本実施形態のウェアラブルデバイスによれば、外部システムと連携した作業支援が可能になる。例えば、本実施形態によれば、外部のコンピュータやサーバに構築された管理システムを通じて、作業者の作業を遠隔で監視したり、指示を与えたりすることが可能になる。また、例えば、本実施形態によれば、作業対象が設置された場所とは異なる位置から、外部システムを介して、作業対象が設置された

場所に配置された作業用ロボットを制御し、作業用ロボットを用いて作業を行うことが可能になる。

[0244] (ハードウェア)

ここで、本発明の各実施形態に係る制御装置の処理を実行するハードウェア構成について、図28の情報処理装置90を一例として挙げて説明する。なお、図28の情報処理装置90は、各実施形態の制御装置の処理を実行するための構成例であって、本発明の範囲を限定するものではない。

[0245] 図28のように、情報処理装置90は、プロセッサ91、主記憶装置92、補助記憶装置93、入出力インターフェース95および通信インターフェース96を備える。図28においては、インターフェースをI/F (Interface) と略して表記する。プロセッサ91、主記憶装置92、補助記憶装置93、入出力インターフェース95および通信インターフェース96は、バス99を介して互いにデータ通信可能に接続される。また、プロセッサ91、主記憶装置92、補助記憶装置93および入出力インターフェース95は、通信インターフェース96を介して、インターネットやイントラネットなどのネットワークに接続される。

[0246] プロセッサ91は、補助記憶装置93等に格納されたプログラムを主記憶装置92に展開し、展開されたプログラムを実行する。本実施形態においては、情報処理装置90にインストールされたソフトウェアプログラムを用いる構成とすればよい。プロセッサ91は、本実施形態に係る制御装置による処理を実行する。

[0247] 主記憶装置92は、プログラムが展開される領域を有する。主記憶装置92は、例えばDRAM (Dynamic Random Access Memory) などの揮発性メモリとすればよい。また、MRAM (Magnetoresistive Random Access Memory) などの不揮発性メモリを主記憶装置92として構成・追加してもよい。

[0248] 補助記憶装置93は、種々のデータを記憶する。補助記憶装置93は、ハードディスクやフラッシュメモリなどのローカルディスクによって構成される。なお、種々のデータを主記憶装置92に記憶させる構成とし、補助記憶

装置 93 を省略することも可能である。

- [0249] 入出力インターフェース 95 は、情報処理装置 90 と周辺機器とを接続するためのインターフェースである。通信インターフェース 96 は、規格や仕様に基づいて、インターネットやイントラネットなどのネットワークを通じて、外部のシステムや装置に接続するためのインターフェースである。入出力インターフェース 95 および通信インターフェース 96 は、外部機器と接続するインターフェースとして共通化してもよい。
- [0250] 情報処理装置 90 には、必要に応じて、キーボードやマウス、タッチパネルなどの入力機器を接続するように構成してもよい。それらの入力機器は、情報や設定の入力に使用される。なお、タッチパネルを入力機器として用いる場合は、表示機器の表示画面が入力機器のインターフェースを兼ねる構成とすればよい。プロセッサ 91 と入力機器との間のデータ通信は、入出力インターフェース 95 に仲介させればよい。
- [0251] また、情報処理装置 90 には、情報を表示するための表示機器を備え付けてもよい。表示機器を備え付ける場合、情報処理装置 90 には、表示機器の表示を制御するための表示制御装置（図示しない）が備えられていることが好ましい。表示機器は、入出力インターフェース 95 を介して情報処理装置 90 に接続すればよい。
- [0252] また、情報処理装置 90 には、必要に応じて、ディスクドライブを備え付けてもよい。ディスクドライブは、バス 99 に接続される。ディスクドライブは、プロセッサ 91 と図示しない記録媒体（プログラム記録媒体）との間で、記録媒体からのデータ・プログラムの読み出し、情報処理装置 90 の処理結果の記録媒体への書き込みなどを仲介する。記録媒体は、例えば、CD（Compact Disc）やDVD（Digital Versatile Disc）などの光学記録媒体で実現できる。また、記録媒体は、USB（Universal Serial Bus）メモリやSD（Secure Digital）カードなどの半導体記録媒体や、フレキシブルディスクなどの磁気記録媒体、その他の記録媒体によって実現してもよい。
- [0253] 以上が、本発明の各実施形態に係る制御装置を可能とするためのハードウ

エア構成の一例である。なお、図28のハードウェア構成は、各実施形態に係る制御装置の演算処理を実行するためのハードウェア構成の一例であって、本発明の範囲を限定するものではない。また、各実施形態に係る制御装置に関する処理をコンピュータに実行させるプログラムも本発明の範囲に含まれる。さらに、各実施形態に係るプログラムを記録したプログラム記録媒体も本発明の範囲に含まれる。

[0254] 各実施形態の制御装置の構成要素は、任意に組み合わせることができる。また、各実施形態の制御装置の構成要素は、ソフトウェアによって実現してもよいし、回路によって実現してもよい。

[0255] 以上、実施形態を参照して本発明を説明してきたが、本発明は上記実施形態に限定されるものではない。本発明の構成や詳細には、本発明のScope内で当業者が理解し得る様々な変更をすることができる。

[0256] この出願は、2019年3月13日に提出された日本出願特願2019-046024を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

符号の説明

[0257] 1、2、3、4、5 ウェアラブルデバイス
11、21、31、41、51 撮像装置
12、22、32、42、52 投射装置
13、23、33、43、53 制御装置
55 通信装置
111 撮像素子
113 画像処理プロセッサ
115 内部メモリ
117 データ出力回路
121 照射部
122 光源
123 コリメートレンズ

1 2 5	光源駆動電源
1 2 6	空間光変調素子
1 2 7	変調素子駆動部
1 2 9	投射光学系
1 3 1、2 3 1、4 3 1	撮像制御部
1 3 3、2 3 3、4 3 3	検出部
1 3 6、2 3 6、4 3 6	投射条件設定部
1 3 7、2 3 7、4 3 7	投射条件記憶部
1 3 9、2 3 9、4 3 9	投射制御部
1 9 1	フーリエ変換レンズ
1 9 2	アパーチャ
1 9 3	投射レンズ
3 3 1	撮像制御部
3 3 3	検出部
3 3 4	推定部
3 3 5	位相分布変換部
3 3 6	投射条件設定部
3 3 7	投射条件記憶部
3 3 9	投射制御部

請求の範囲

[請求項1]

画像データを生成する撮像装置と、
前記画像データを前記撮像装置から取得し、取得した前記画像データに基づいて投射条件を設定する制御装置と、
前記制御装置から前記投射条件を取得し、取得した前記投射条件に応じた光を投射する投射装置と、を備え、
前記制御装置は、
所定の模様を形成する検出光を投射するための第1投射条件を設定し、
前記検出光が照射されていないときに撮像された第1画像と、前記検出光が照射されているときに撮像された第2画像とを取得し、
前記第2画像から検出される前記所定の模様の状態に基づいて第1領域を設定し、
少なくとも前記第1領域を前記第1画像から除いた検出用画像を生成し、
前記検出用画像から抽出される特徴に基づいて指示光照射位置を設定し、
前記指示光照射位置に指示光を投射するための第2投射条件を設定するウェアラブルデバイス。

[請求項2]

前記制御装置は、
前記第2画像において検出される前記所定の模様の不連続箇所を結ぶことによって前記第1領域を設定し、少なくとも前記第1領域の内部を前記第1画像から除くことによって前記検出用画像を生成する請求項1に記載のウェアラブルデバイス。

[請求項3]

前記制御装置は、
前記第1領域を拡大した第2領域を設定し、前記第2領域の内部を前記第1画像から削除することによって前記検出用画像を生成する請求項2に記載のウェアラブルデバイス。

- [請求項4] 前記制御装置は、
前記第2画像において検出される前記所定の模様の不連続箇所を結ぶことによって前記第1領域を形成し、少なくとも前記第1領域の外部を前記第1画像から除くことによって前記検出用画像を生成する請求項1に記載のウェアラブルデバイス。
- [請求項5] 前記制御装置は、
前記第2画像から検出される特徴に基づいて作業体の動きを推定し、前記作業体の動きに合わせて前記検出光の照射範囲を設定し、設定した前記検出光の照射範囲を前記第1投射条件に追加する請求項1乃至4のいずれか一項に記載のウェアラブルデバイス。
- [請求項6] 前記制御装置は、
前記作業体を検出するまでは疎な前記検出光を投射するように前記投射装置を制御し、
前記作業体を検出中の期間においては密な前記検出光を投射するように前記投射装置を制御する請求項5に記載のウェアラブルデバイス。
- [請求項7] 前記制御装置は、
前記所定の模様として縞状の模様を形成する前記検出光を投射するための前記第1投射条件を設定し、
前記第1投射条件に応じて前記検出光が照射されているときに撮像された前記第2画像を取得し、
取得した前記第2画像から検出される前記縞状の模様の不連続箇所を結ぶことによって前記第1領域を設定する請求項1乃至6のいずれか一項に記載のウェアラブルデバイス。
- [請求項8] 前記制御装置は、
前記検出光のパルス幅を短くするとともに、単位時間当たりの出力を大きくする条件を前記第1投射条件に追加する請求項1乃至7のいずれか一項に記載のウェアラブルデバイス。

[請求項9] 外部システムと前記制御装置とを通信可能に接続する通信装置を備える請求項1乃至8のいずれか一項に記載のウェアラブルデバイス。

[請求項10] 画像データを生成する撮像装置と、前記画像データに基づいて投射条件を設定する制御装置と、前記投射条件に応じた光を投射する投射装置と、を備えるウェアラブルデバイスの制御方法であって、

前記制御装置が、

所定の模様を形成する検出光を投射するための第1投射条件を設定し、

前記検出光が照射されていないときに撮像された第1画像と、前記検出光が照射されているときに撮像された第2画像とを取得し、

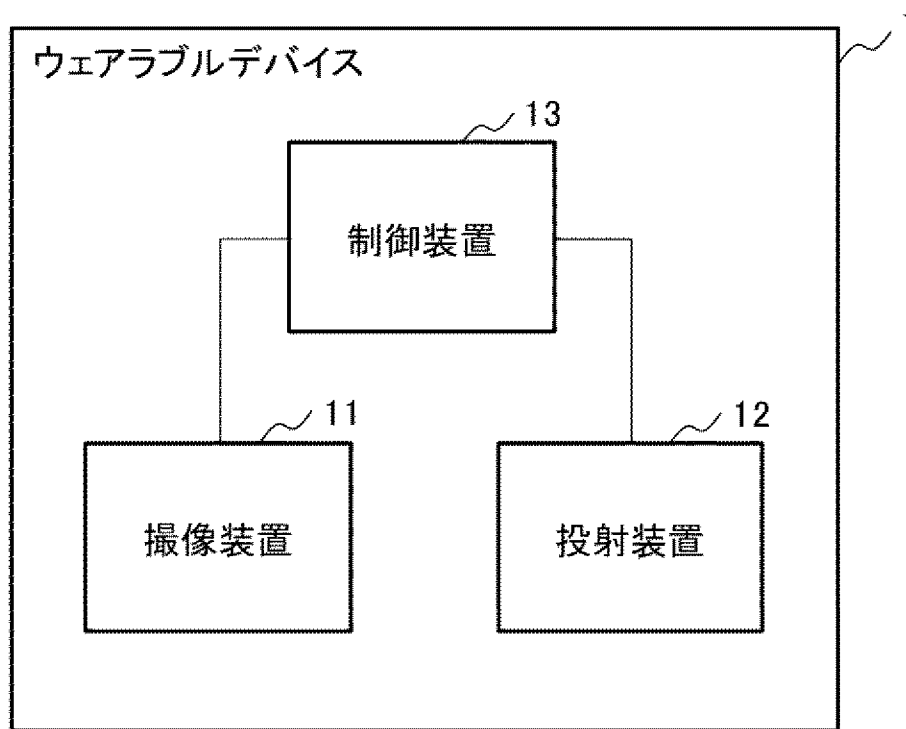
前記第2画像から検出される前記所定の模様の状態に基づいて第1領域を設定し、

少なくとも前記第1領域を前記第1画像から除いた検出用画像を生成し、

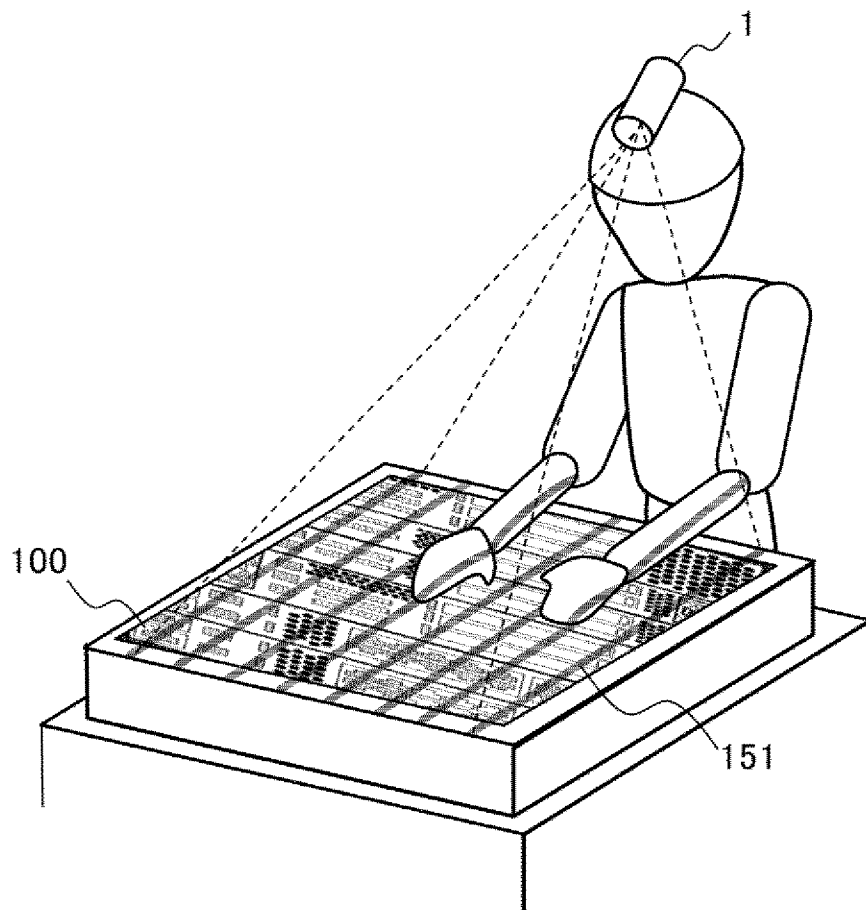
前記検出用画像から抽出される特徴に基づいて指示光照射位置を設定し、

前記指示光照射位置に指示光を投射するための第2投射条件を設定する制御方法。

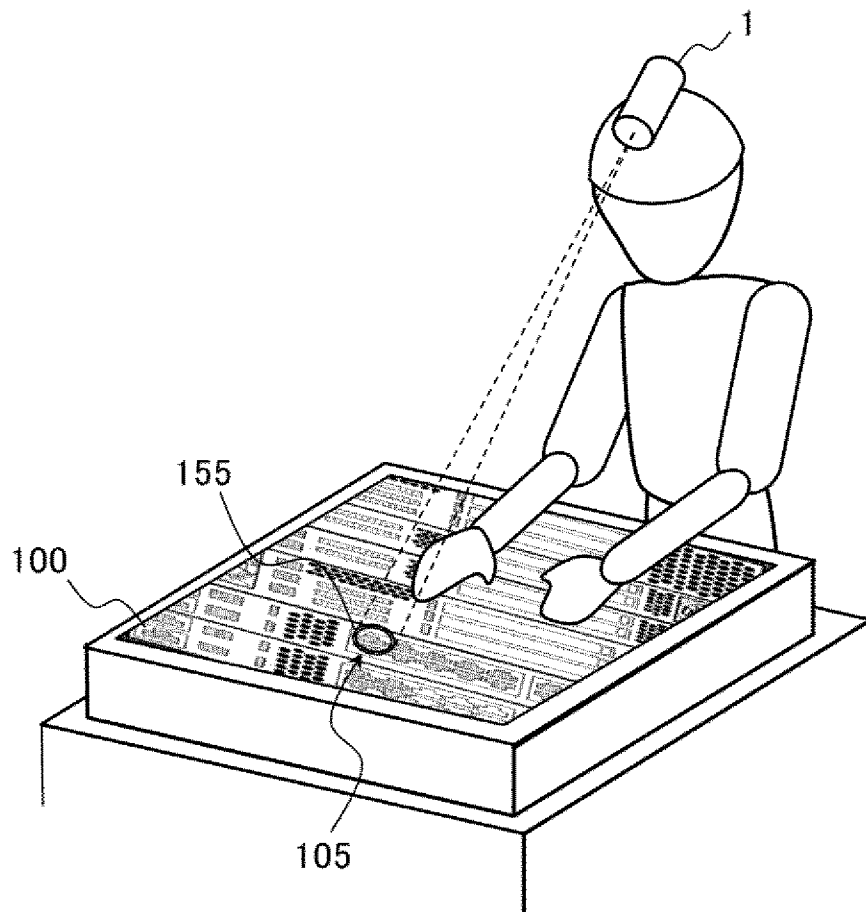
[図1]



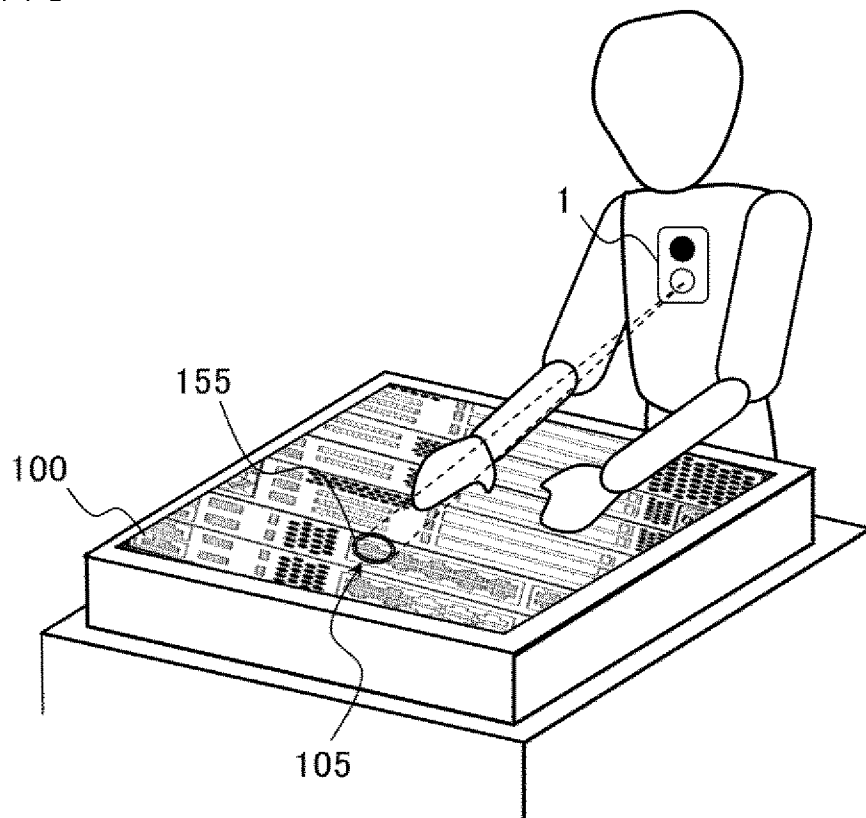
[図2]



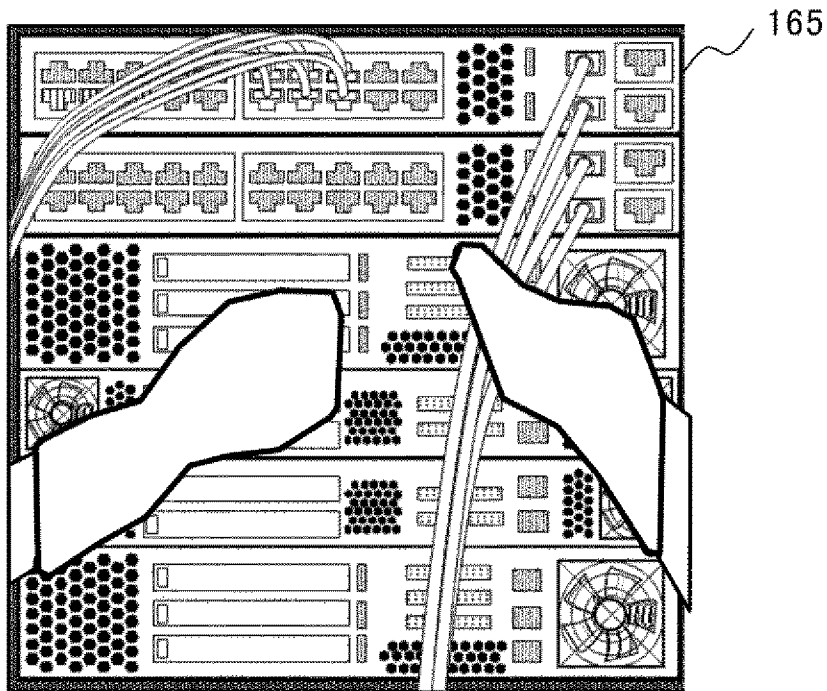
[図3]



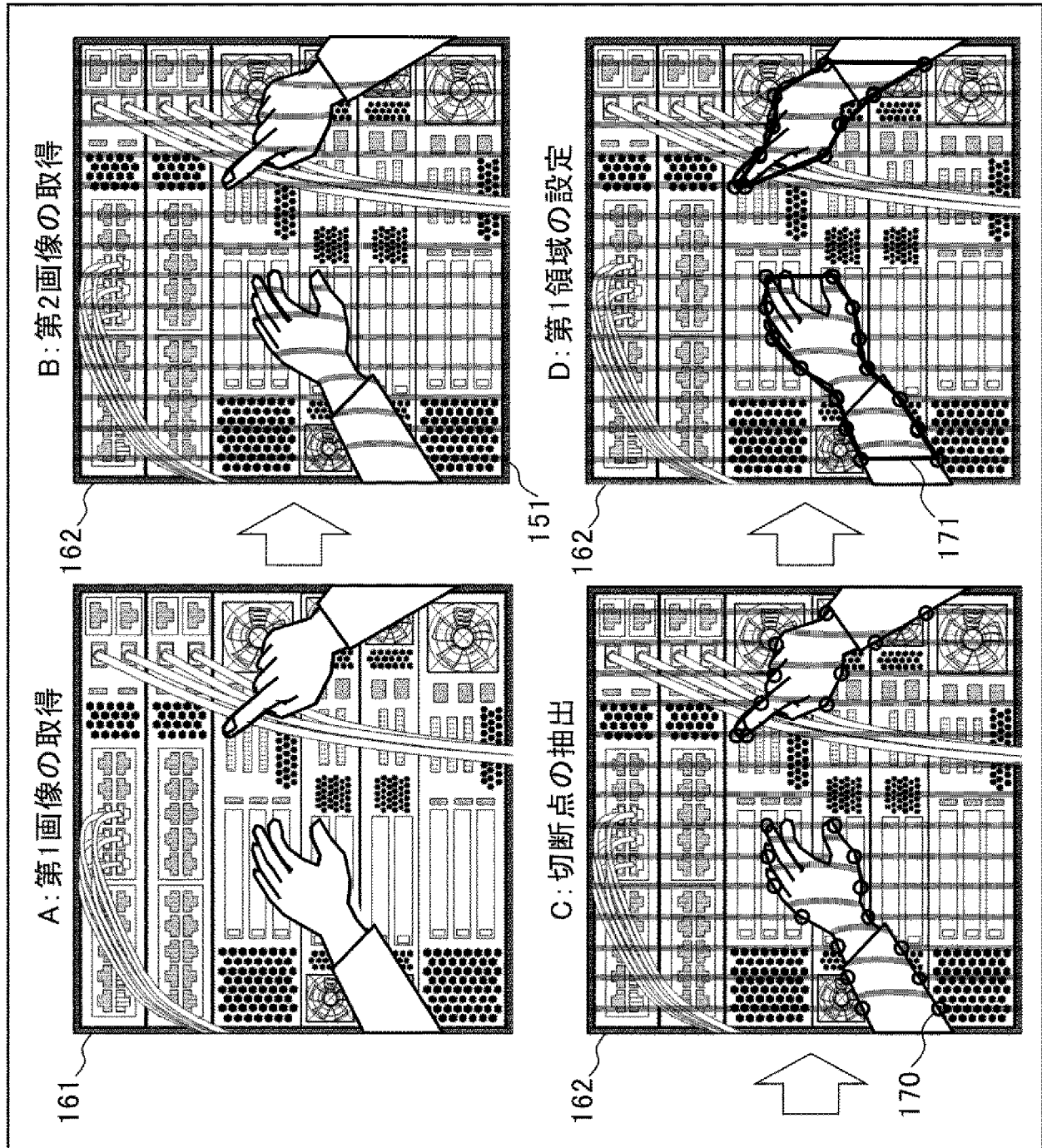
[図4]



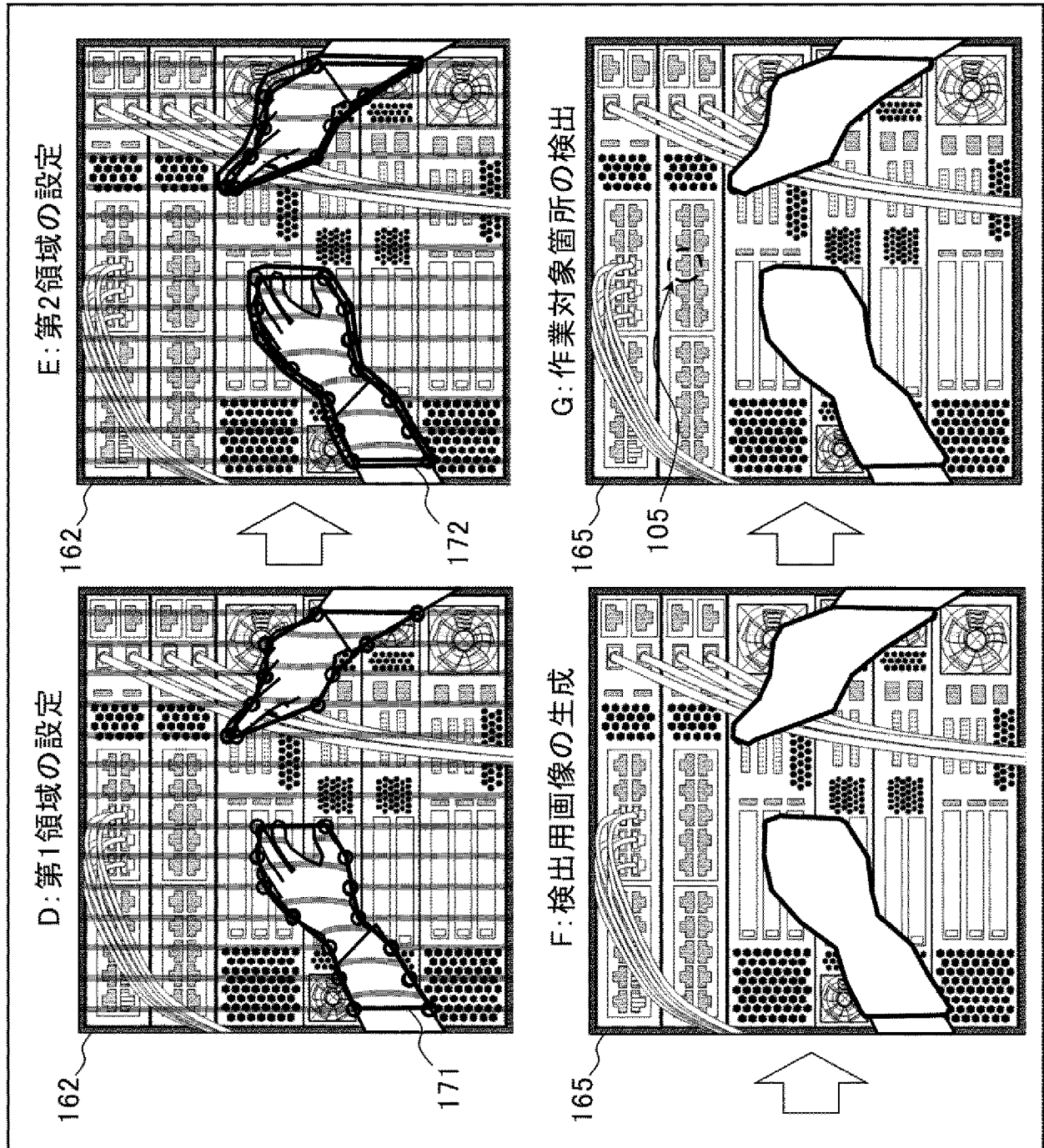
[図5]



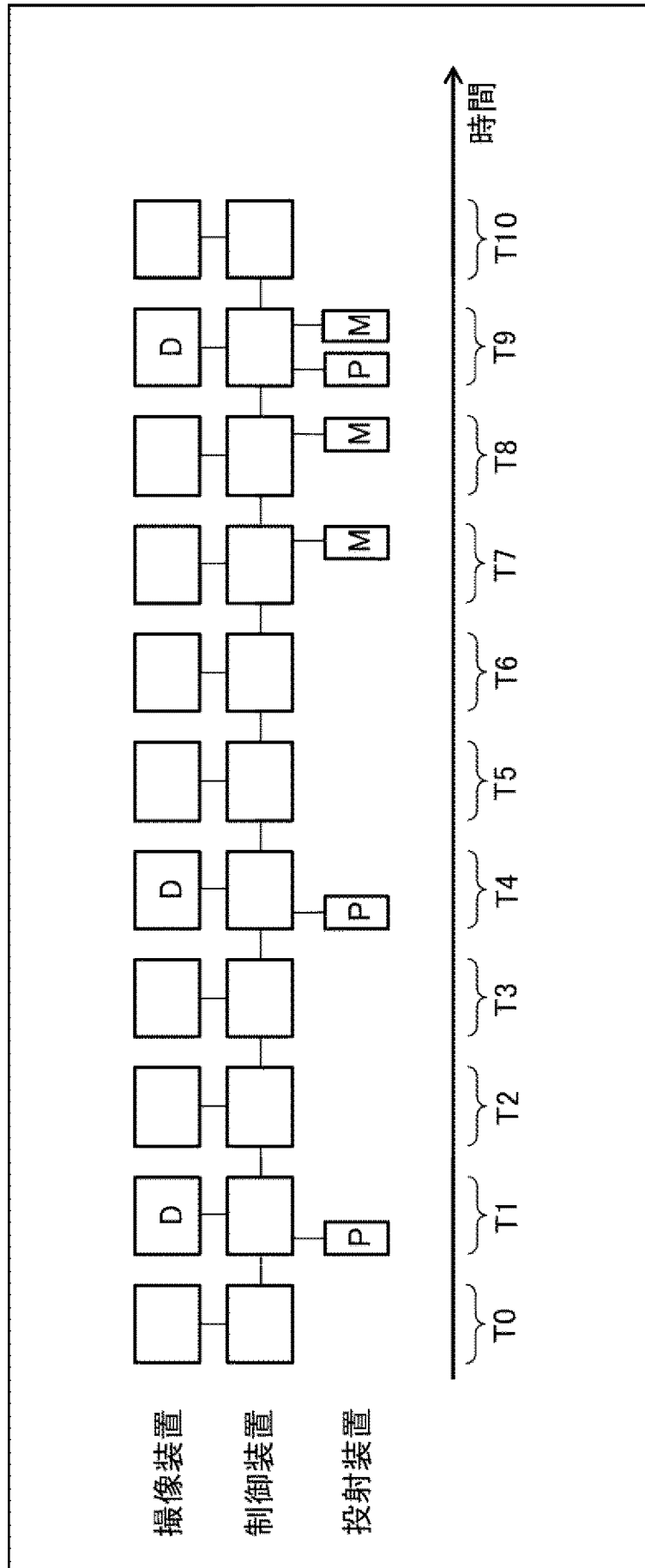
[図6]



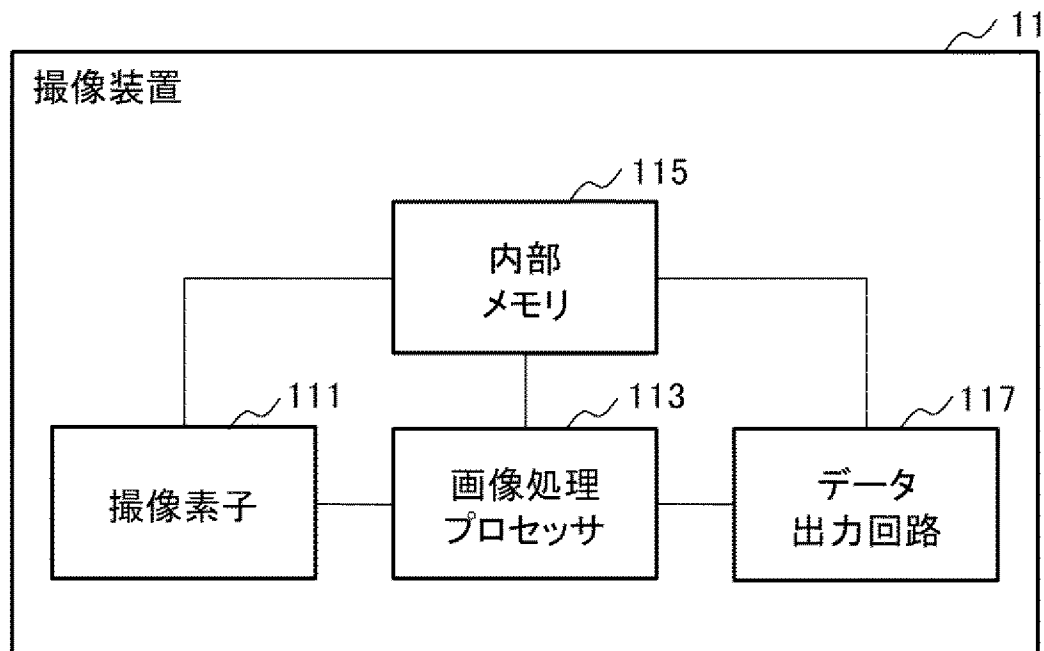
[図7]



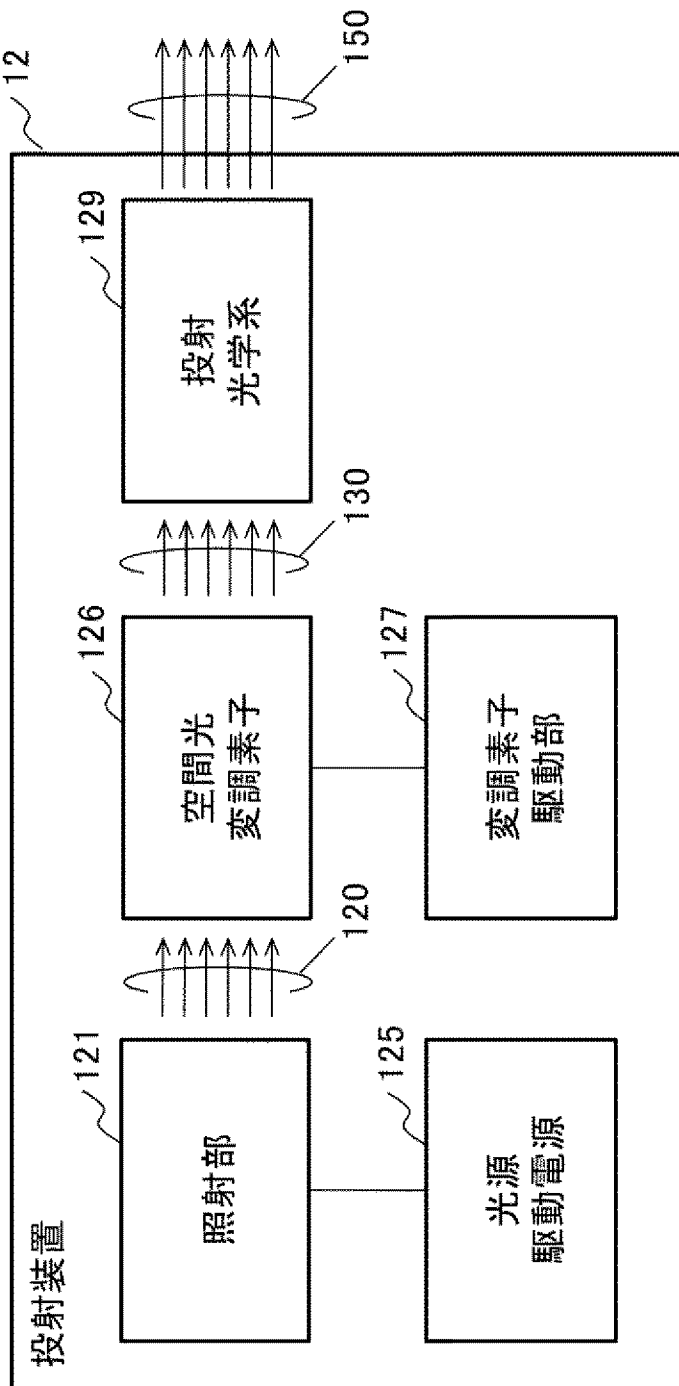
[図8]



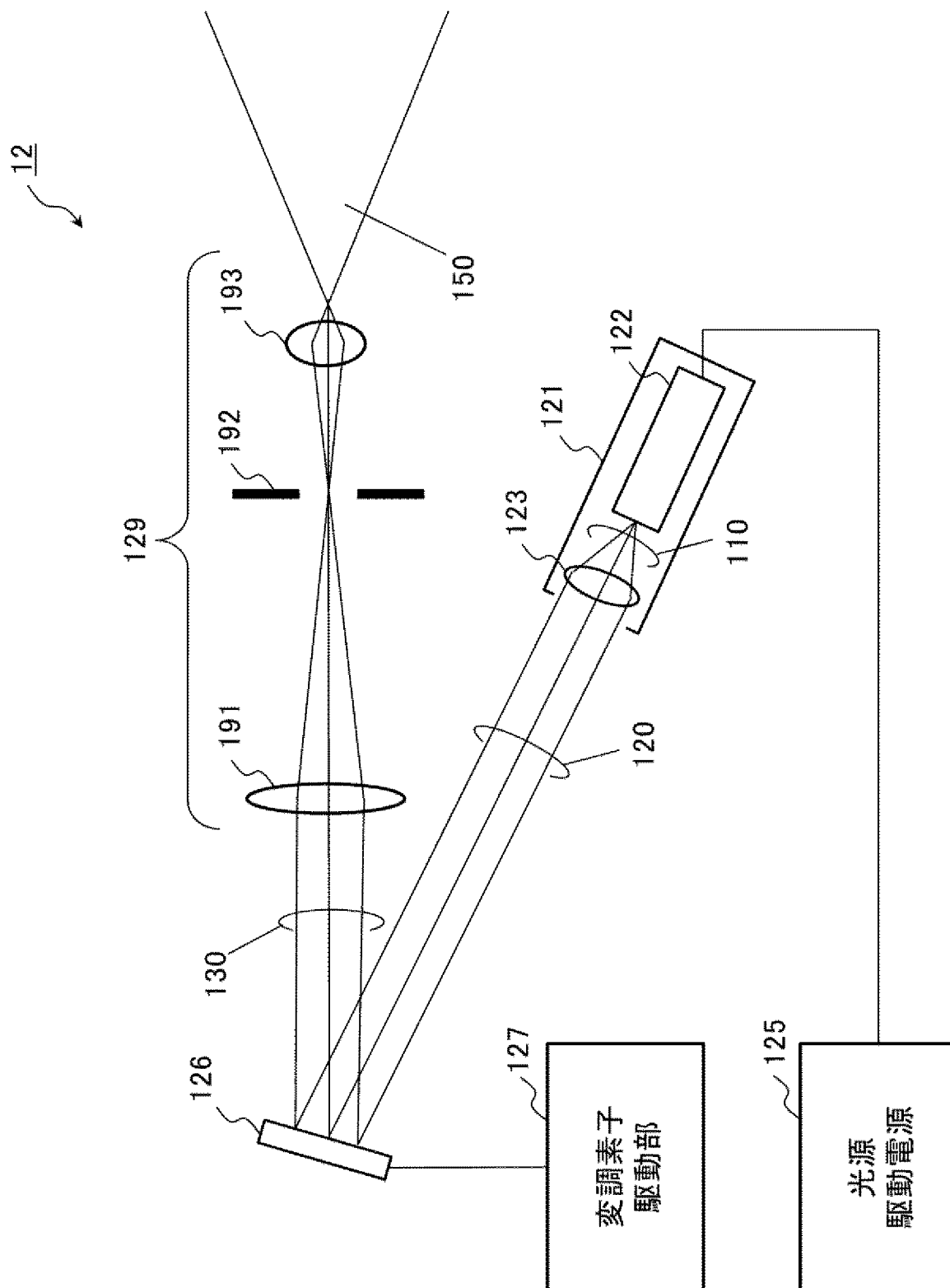
[図9]



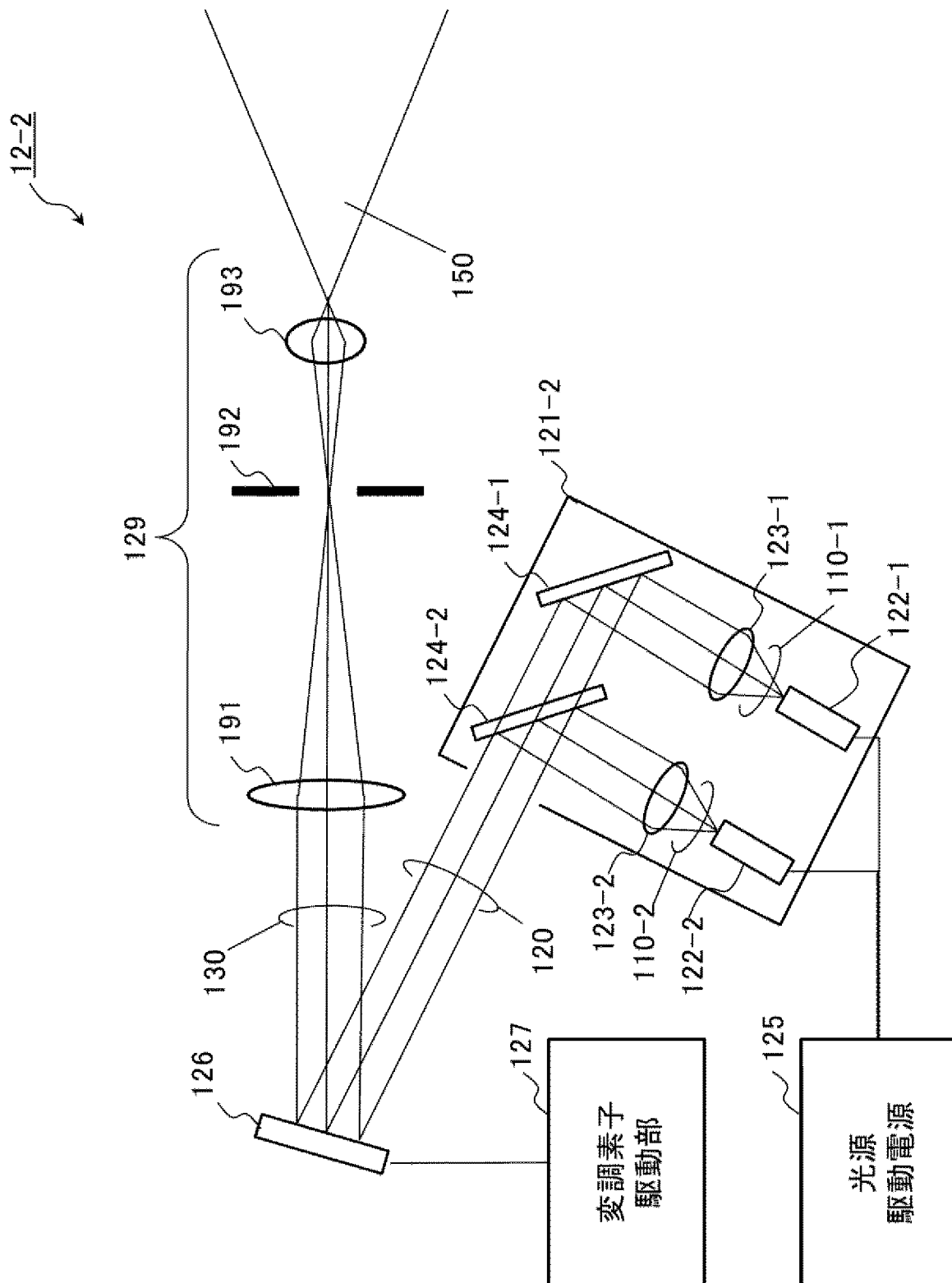
[図10]



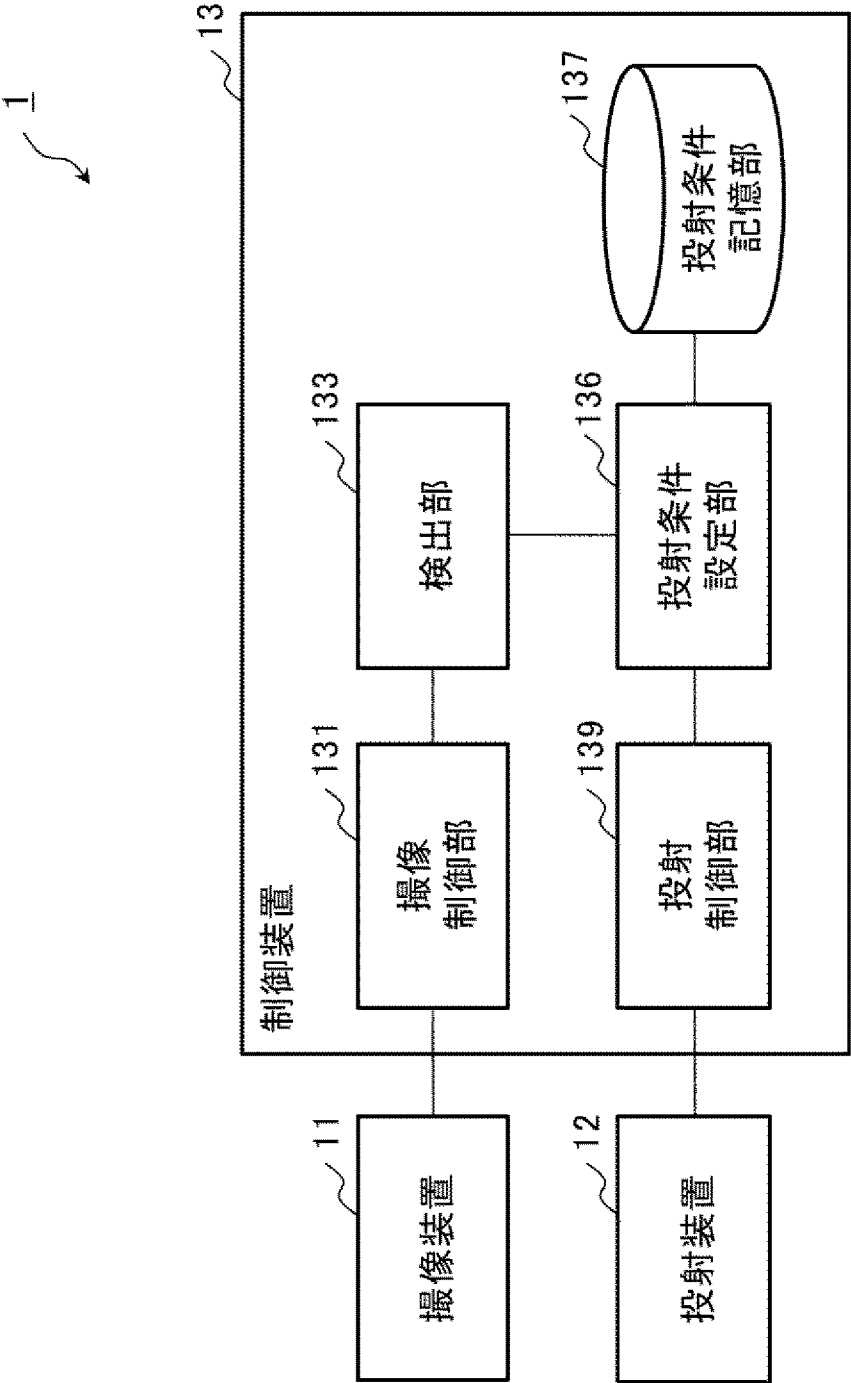
[図11]



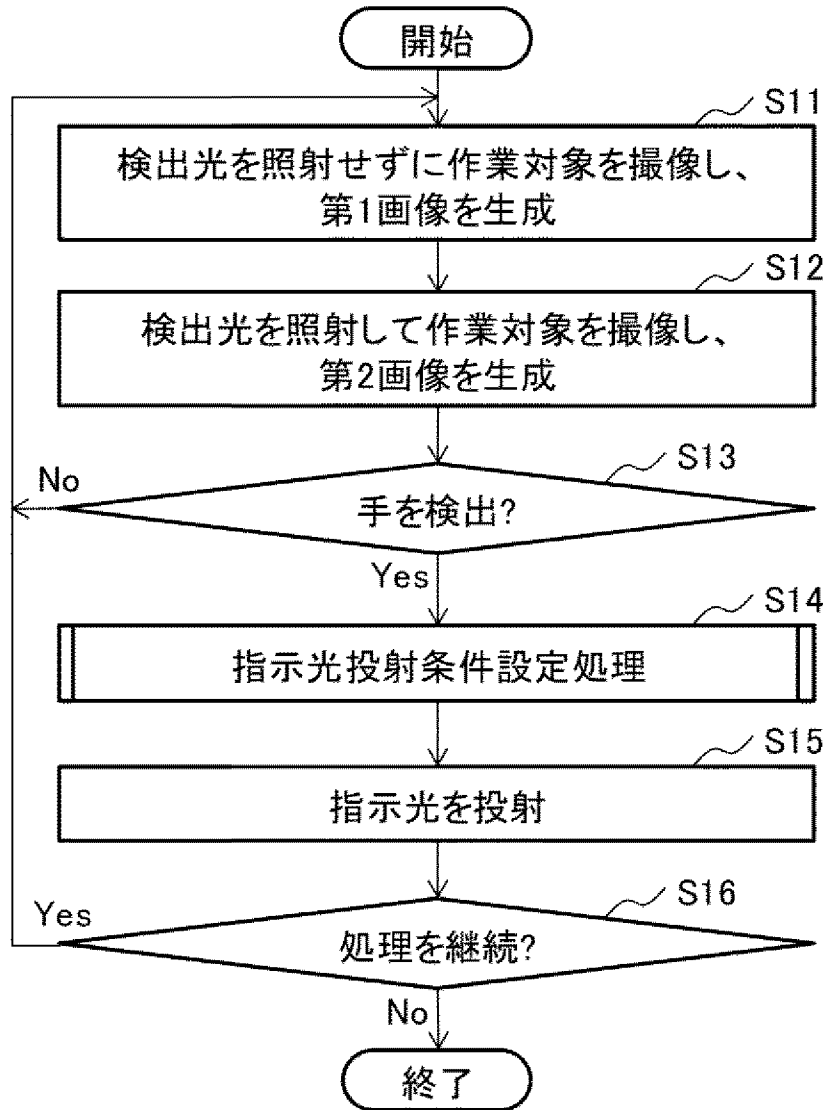
[図12]



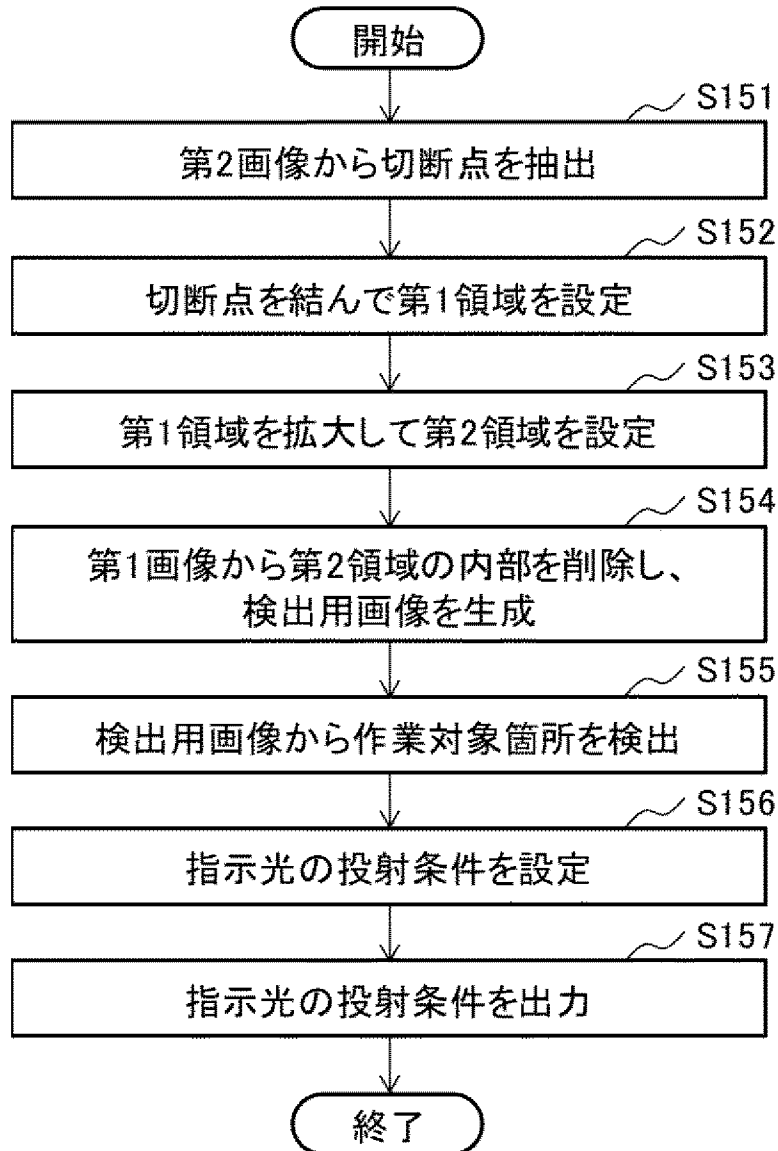
[図13]



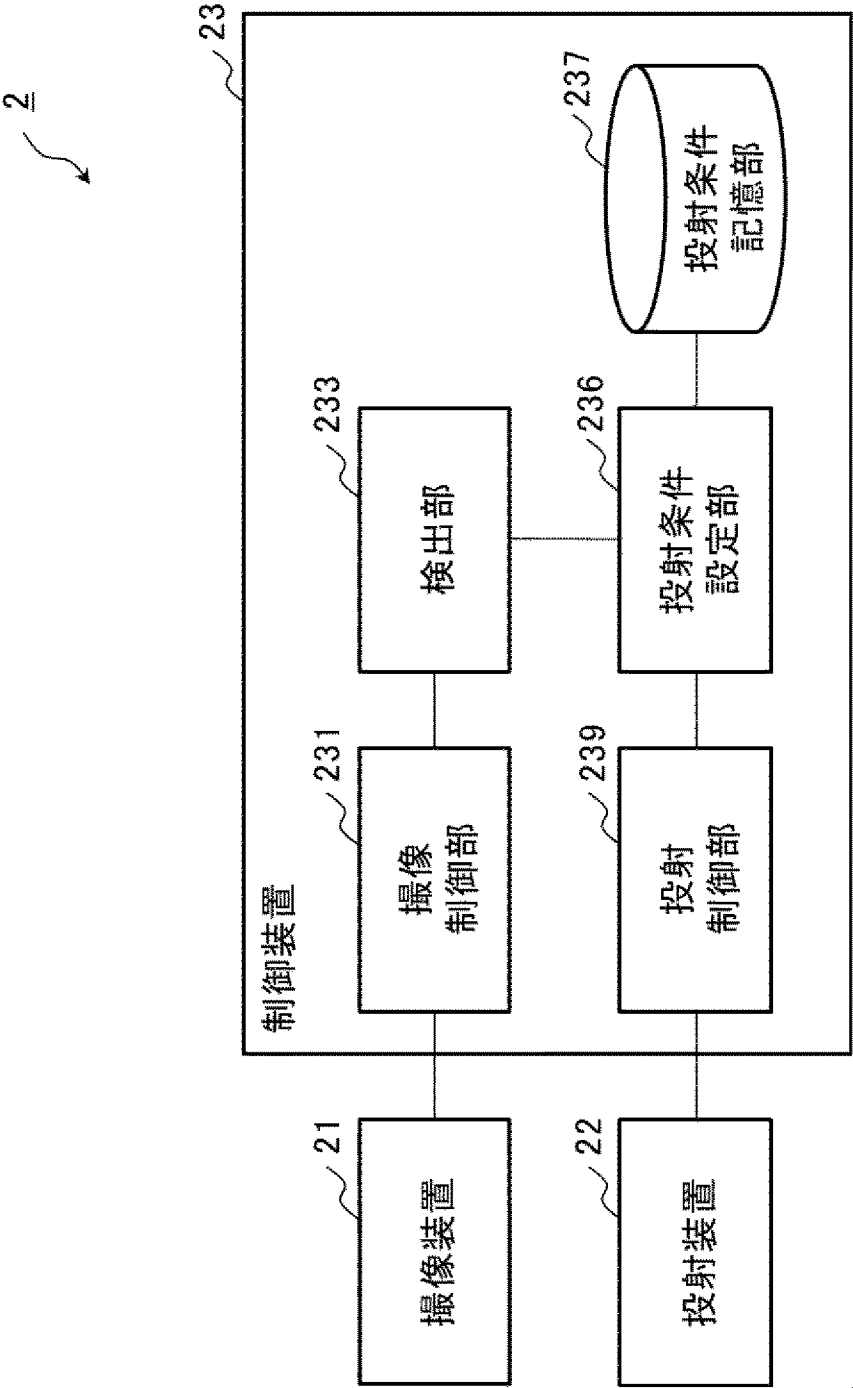
[図14]



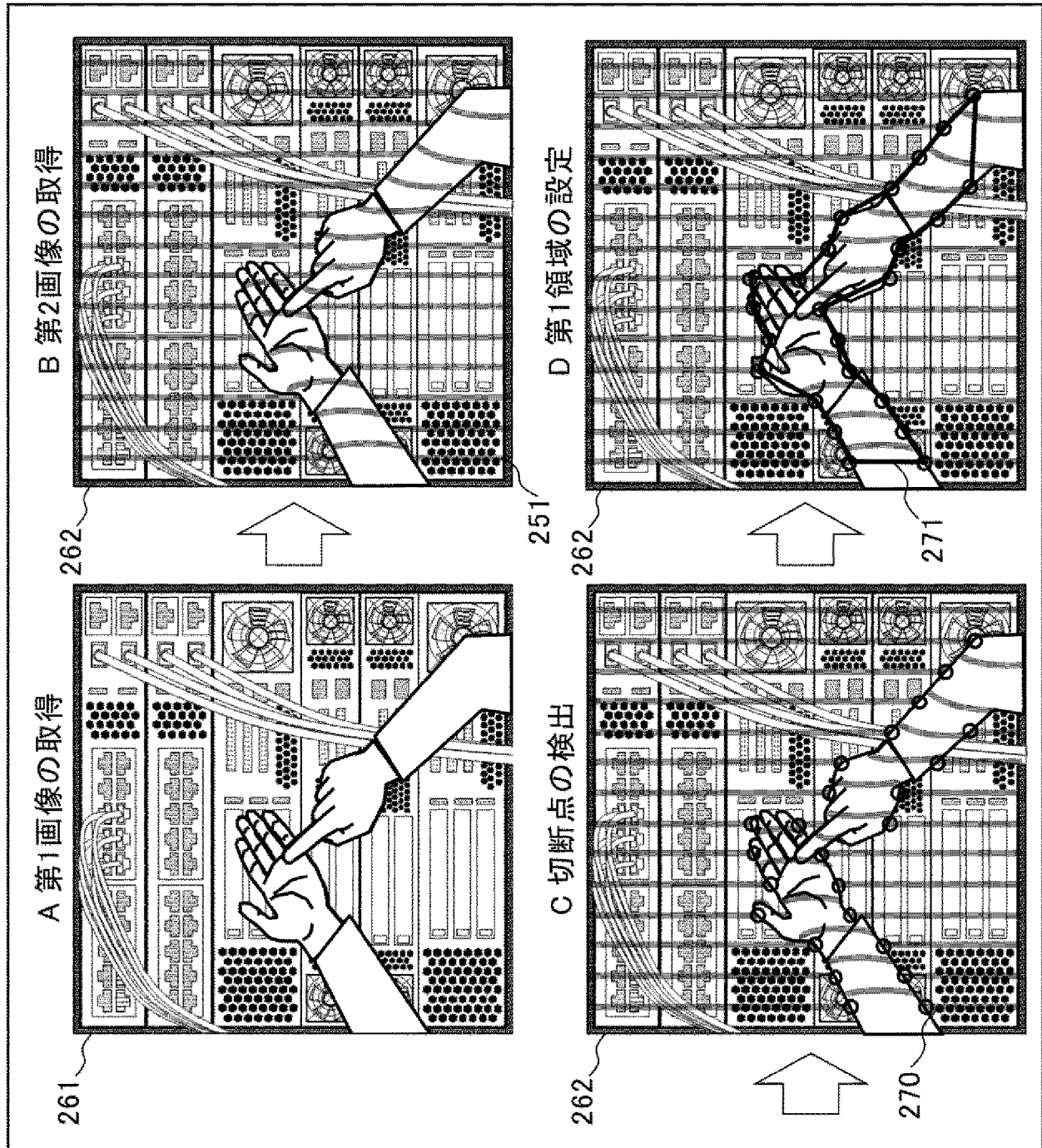
[図15]



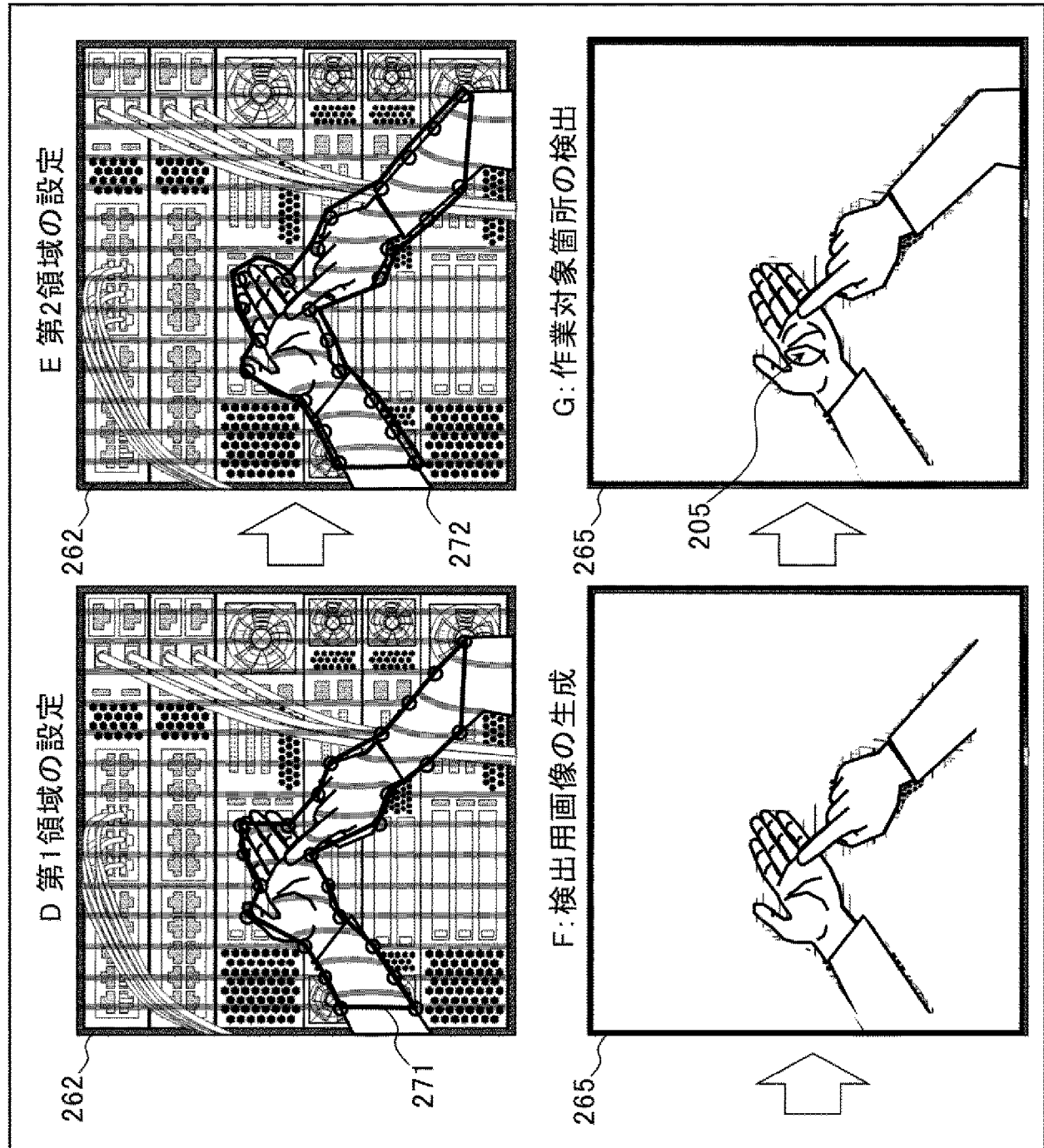
[図16]



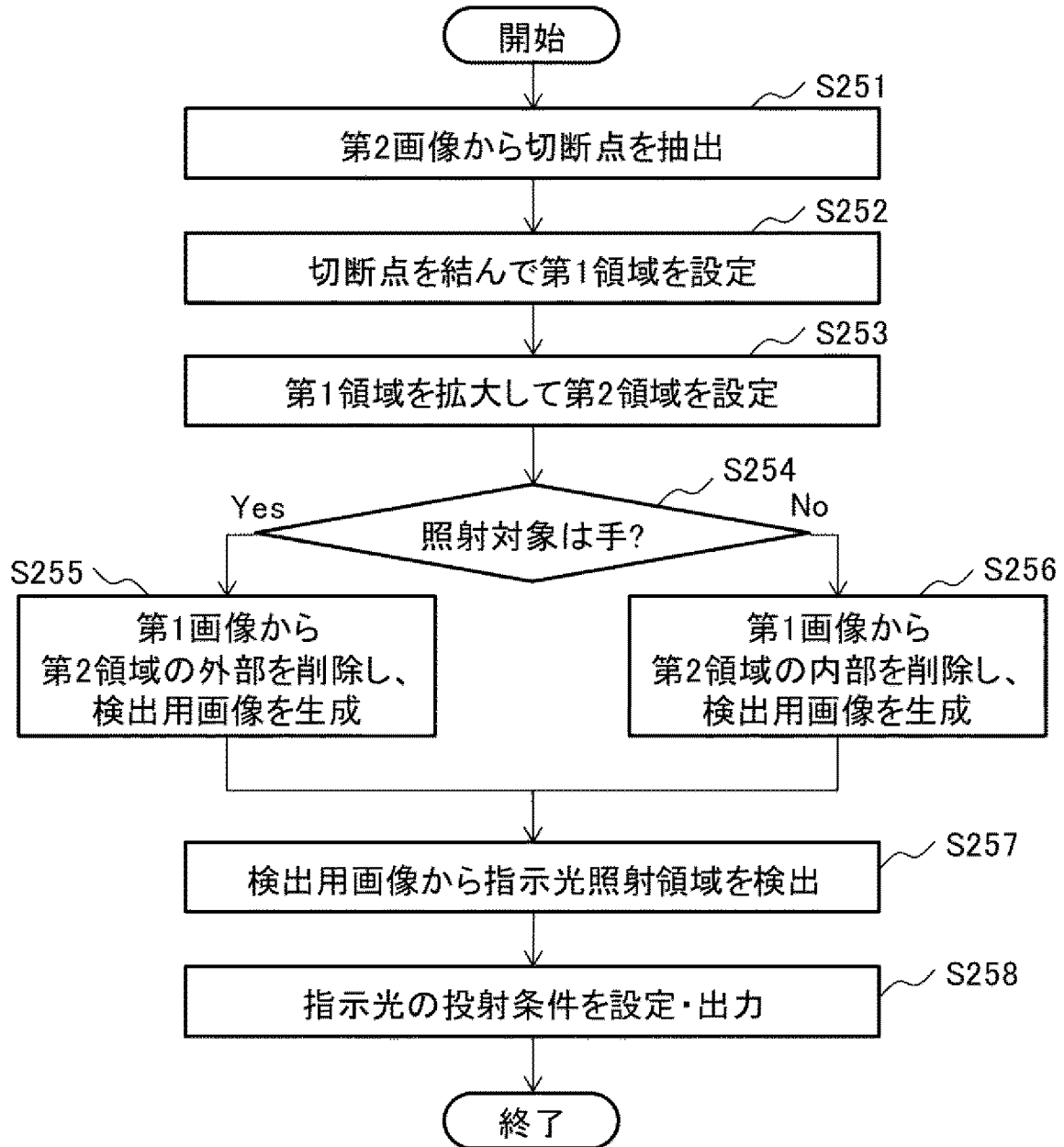
[図17]



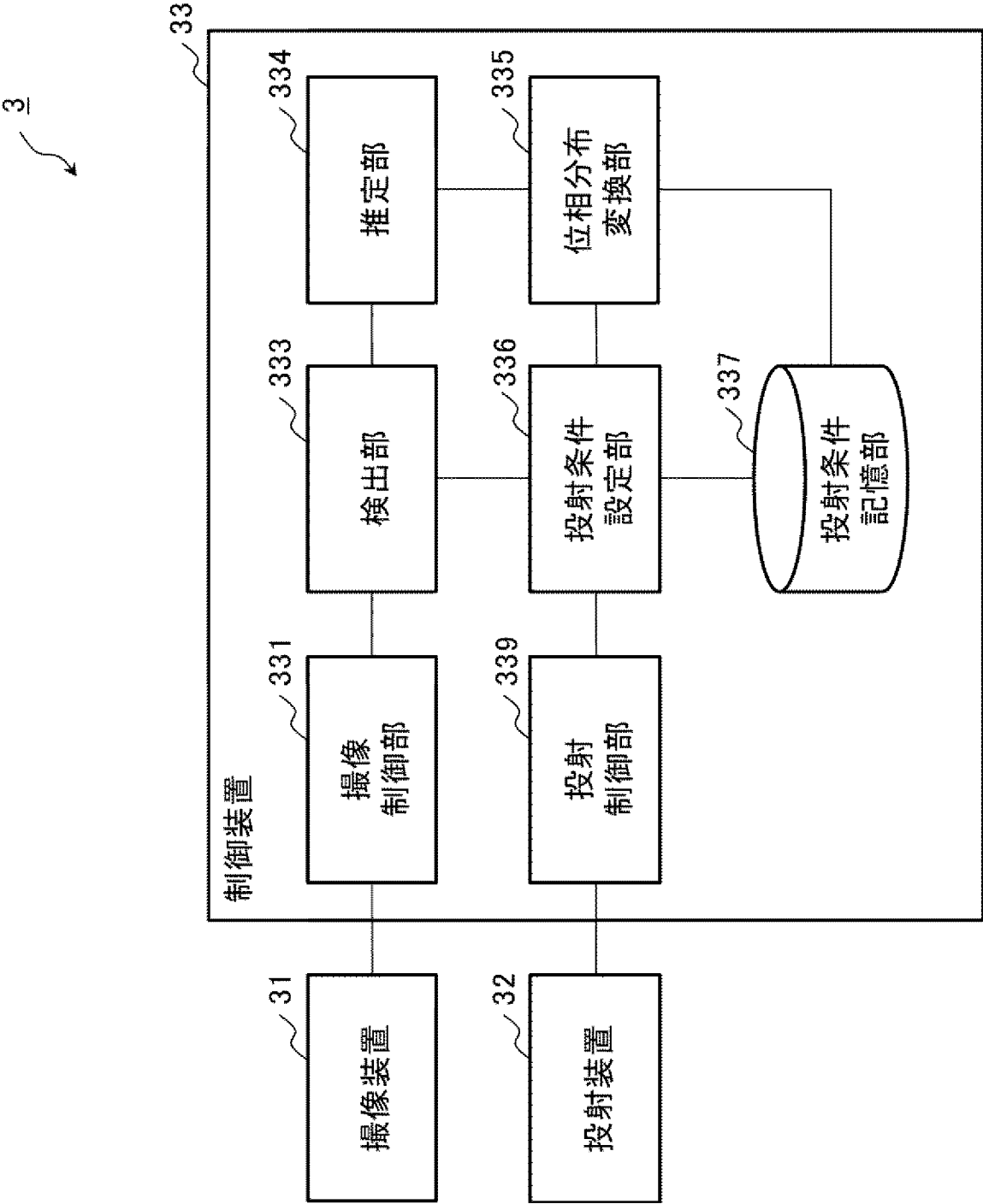
[図18]



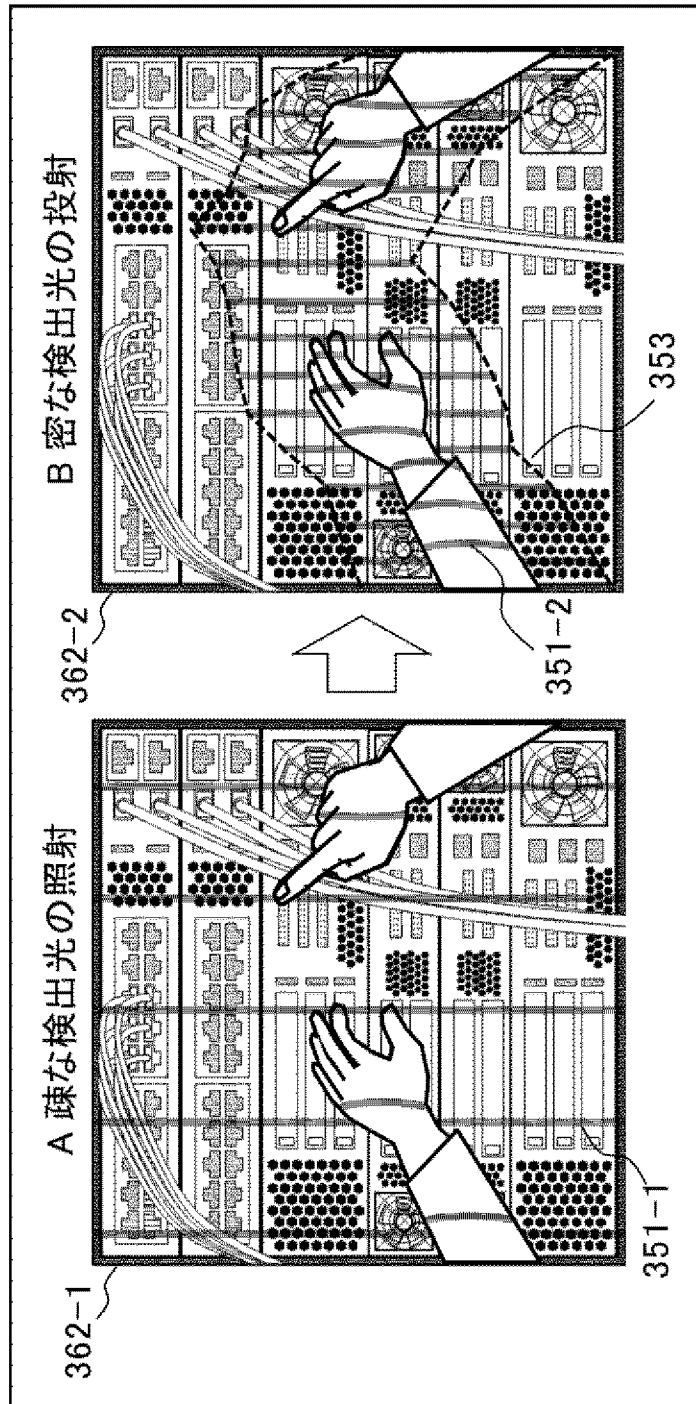
[図19]



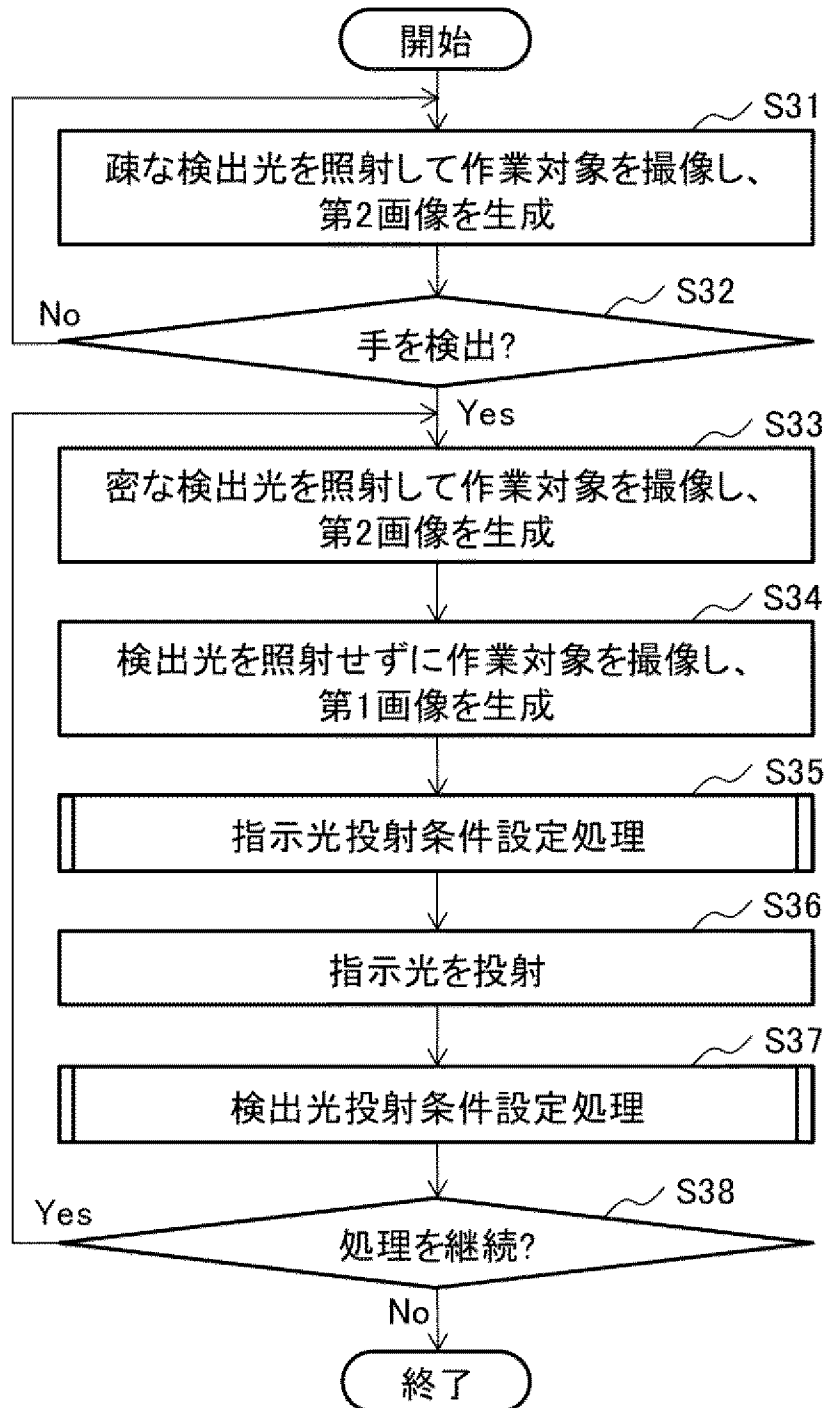
[図20]



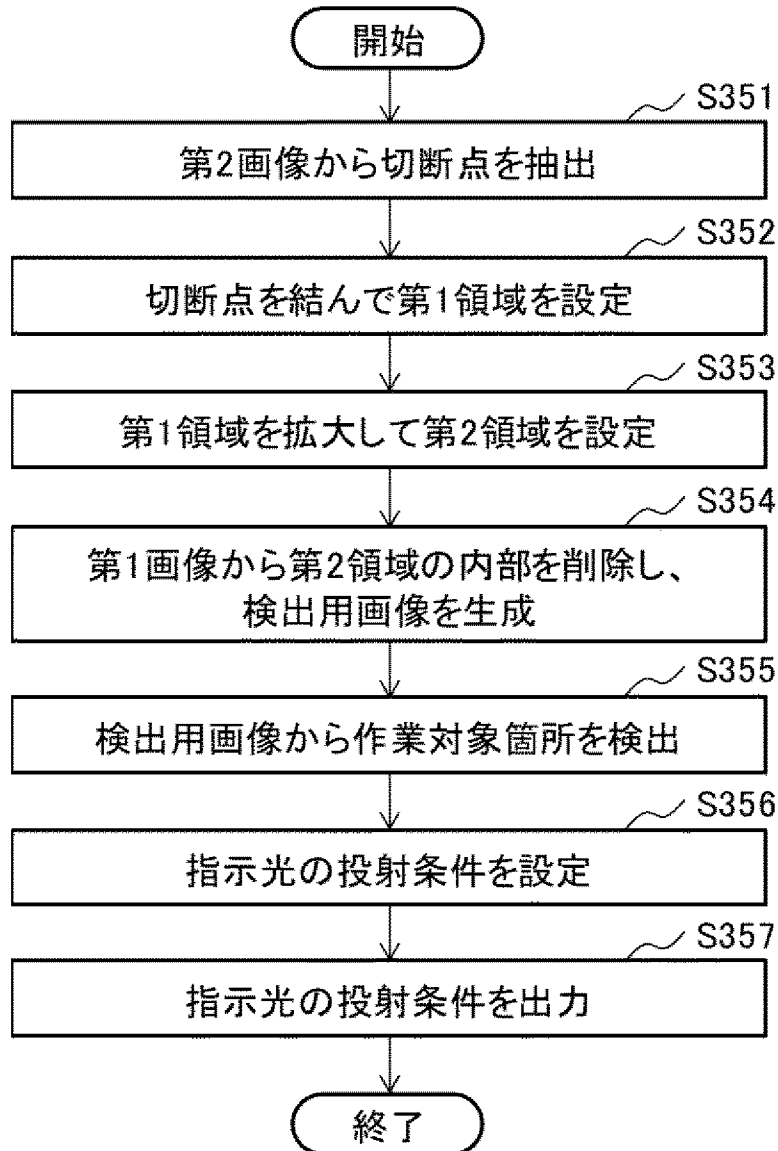
[図21]



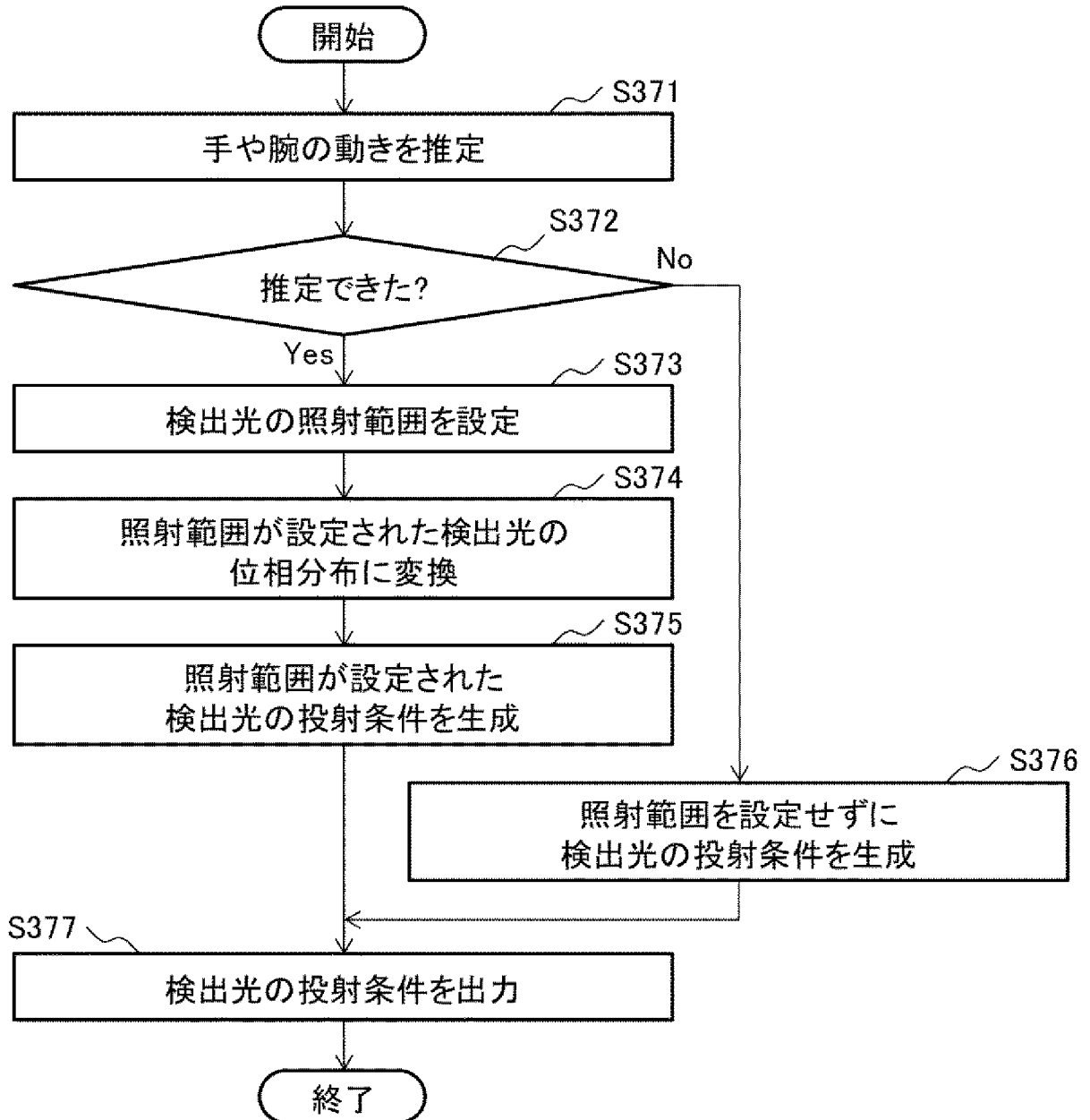
[図22]



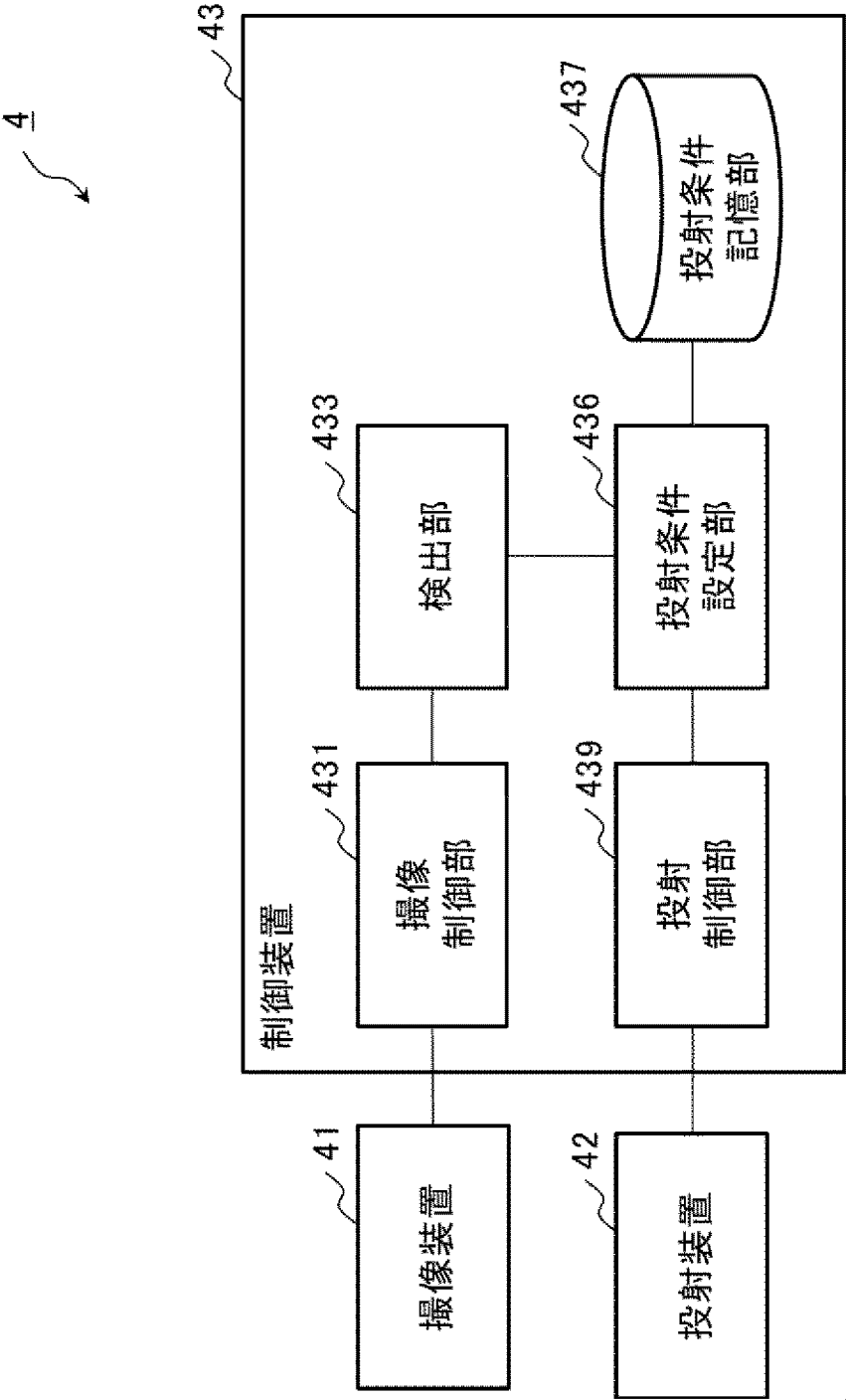
[図23]



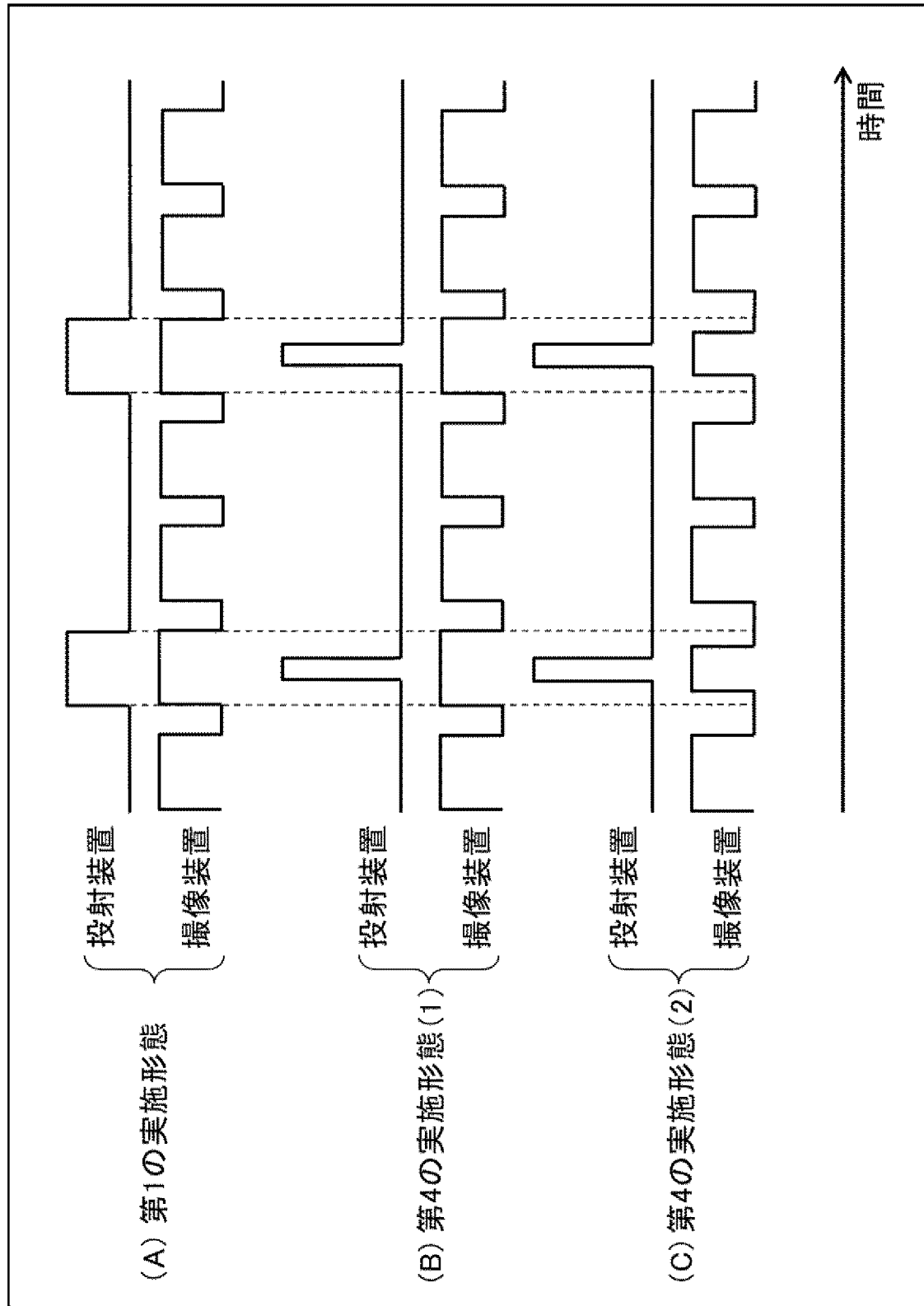
[図24]



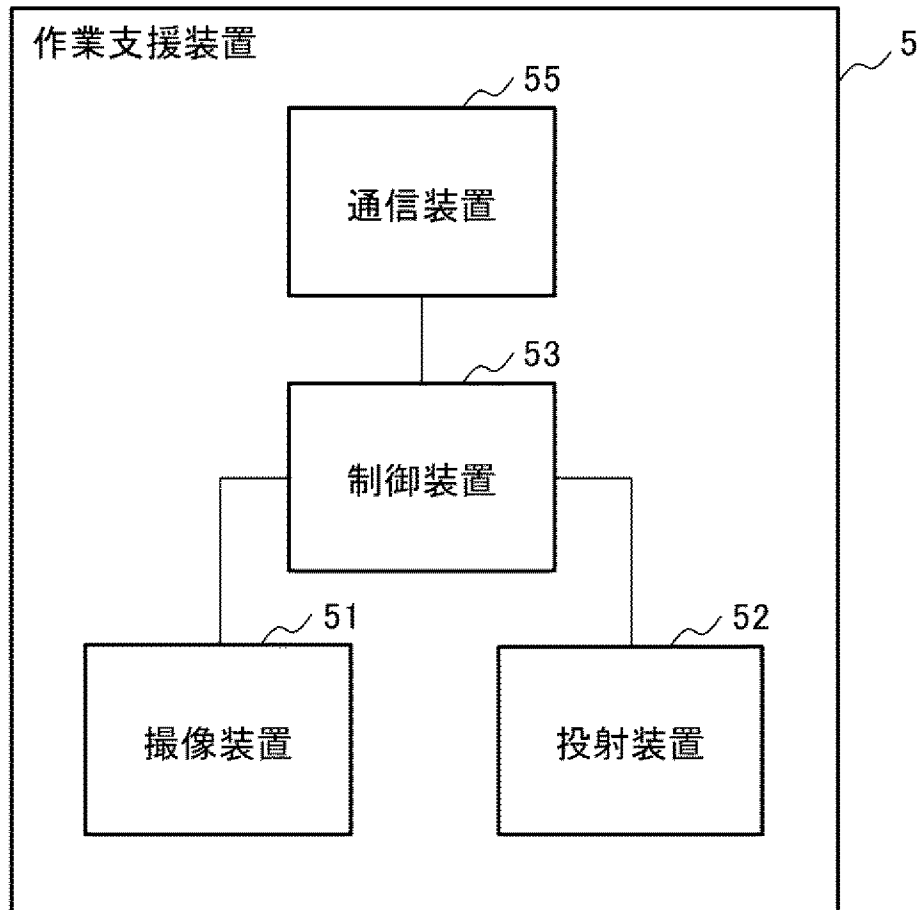
[図25]



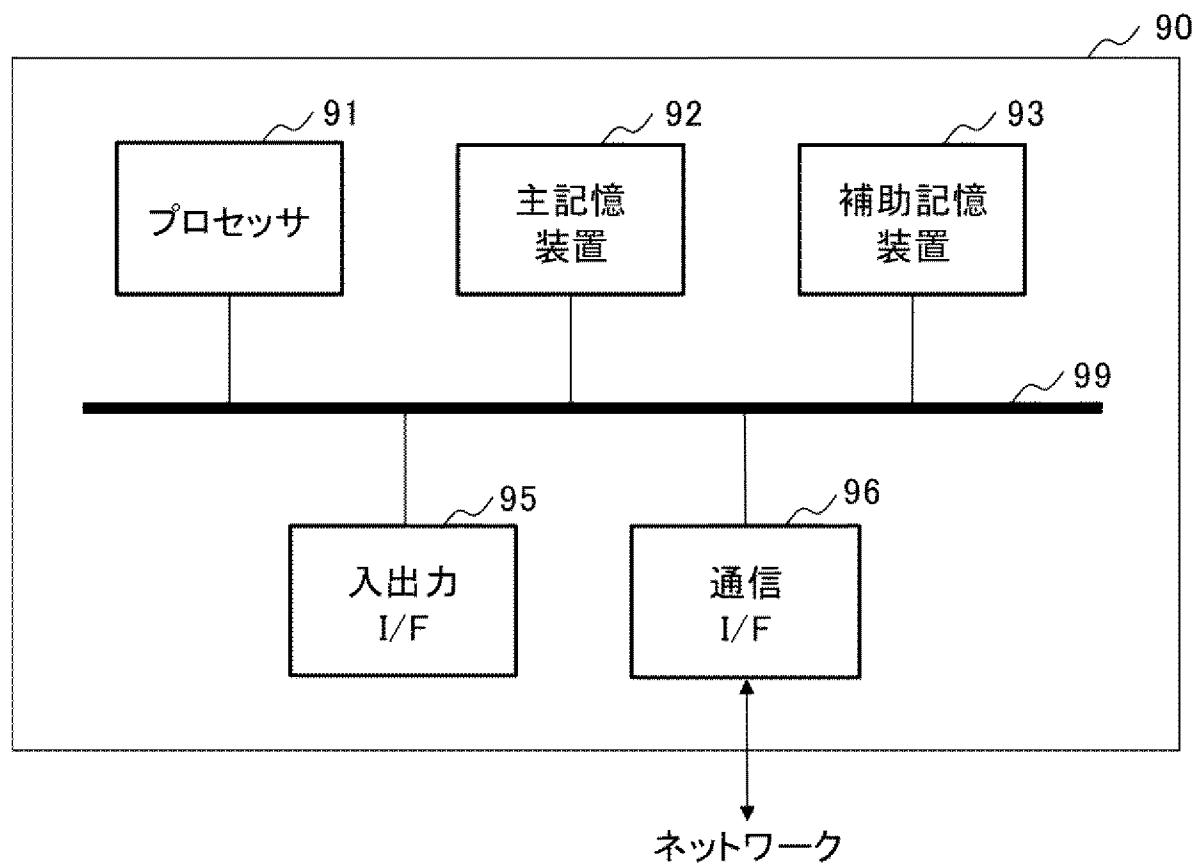
[図26]



[図27]



[図28]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/006427

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. H04N5/74 (2006.01) i, G03B21/00 (2006.01) i, G09G5/00 (2006.01) i
FI: H04N5/74 Z, G03B21/00 Z, G09G5/00 510B, G09G5/00 550C

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)

Int. Cl. H04N5/74, G03B21/00, G09G5/00

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 1971-2020

Registered utility model specifications of Japan 1996-2020

Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

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	WO 2018/079446 A1 (NEC CORP.) 03 May 2018, entire text	1-10
A	WO 2016/152109 A1 (NEC CORP.) 29 September 2016, entire text	1-10
A	WO 2016/098281 A1 (NEC CORP.) 23 June 2016, entire text	1-10
A	JP 2013-505508 A (PEBBLESTECH LTD.) 14 February 2013, entire text	1-10

☐ 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
17.04.2020

Date of mailing of the international search report
28.04.2020

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/006427

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
WO 2018/079446 A1	03.05.2018	US 2019/0302964 A1 entire text	
WO 2016/152109 A1	29.09.2016	(Family: none)	
WO 2016/098281 A1	23.06.2016	US 2017/0339378 A1 entire text	
JP 2013-505508 A	14.02.2013	JP 2016-173831 A US 2012/0194561 A1 entire text JP 2018-10653 A US 2016/0179188 A1 US 9507411 B2 US 2017/0147082 A1 US 2016/0274679 A1 US 2018/0157342 A1 WO 2011/036618 A2 CN 102656543 A KR 10-2012-0085774 A KR 10-2017-0023220 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H04N 5/74(2006.01)i; G03B 21/00(2006.01)i; G09G 5/00(2006.01)i FI: H04N5/74 Z; G03B21/00 Z; G09G5/00 510B; G09G5/00 550C		
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）） H04N5/74; G03B21/00; G09G5/00		
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 1971-2020年 日本国実用新案登録公報 1996-2020年 日本国登録実用新案公報 1994-2020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	WO 2018/079446 A1（日本電気株式会社）03.05.2018（2018-05-03） 全文	1-10
A	WO 2016/152109 A1（日本電気株式会社）29.09.2016（2016-09-29） 全文	1-10
A	WO 2016/098281 A1（日本電気株式会社）23.06.2016（2016-06-23） 全文	1-10
A	JP 2013-505508 A（ペブルステック リミテッド）14.02.2013（2013-02-14） 全文	1-10
☐ 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 17.04.2020		国際調査報告の発送日 28.04.2020
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） 鈴木 隆夫 5P 5891 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/JP2020/006427

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2018/079446	A1	03.05.2018	US	2019/0302964	A1	
				全文			
WO	2016/152109	A1	29.09.2016	(ファミリーなし)			
WO	2016/098281	A1	23.06.2016	US	2017/0339378	A1	
				全文			
JP	2013-505508	A	14.02.2013	JP	2016-173831	A	
				US	2012/0194561	A1	
				全文			
				JP	2018-10653	A	
				US	2016/0179188	A1	
				US	9507411	B2	
				US	2017/0147082	A1	
				US	2016/0274679	A1	
				US	2018/0157342	A1	
				WO	2011/036618	A2	
				CN	102656543	A	
				KR	10-2012-0085774	A	
				KR	10-2017-0023220	A	