

(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
2017年11月2日(02.11.2017)



(10) 国際公開番号

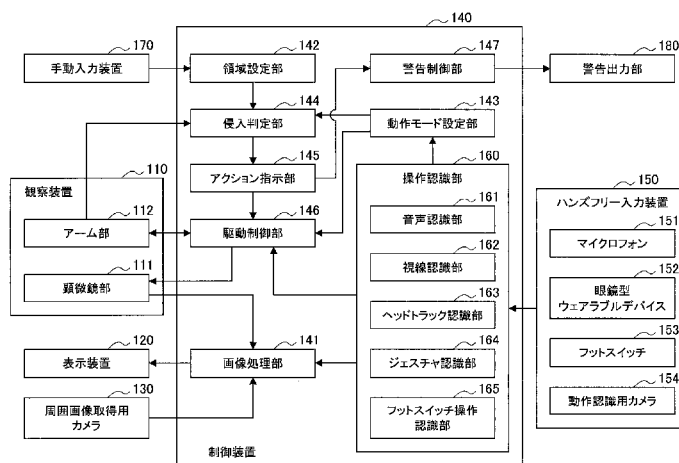
WO 2017/187795 A1

- (51) 国際特許分類:
A61B 34/35 (2016.01) B25J 3/00 (2006.01)
A61B 90/25 (2016.01) B25J 19/06 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/008830
- (22) 国際出願日: 2017年3月6日(06.03.2017)
- (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 2016-090167 2016年4月28日(28.04.2016) JP
- (71) 出願人: ソニー株式会社 (SONY CORPORATION) [JP/JP]; 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 和田 成司 (WADA, Seiji); 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 前田 毅 (MAEDA, Takeshi); 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 松浦 加奈 (MATSUURA, Kana); 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 亀谷 美明, 外 (KAMEYA, Yoshiaki et al.); 〒1600004 東京都新宿区四谷3-1-3 第一富澤ビル はづき国際特許事務所四谷オフィス 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,

(54) Title: CONTROL DEVICE, CONTROL METHOD AND SURGICAL SYSTEM

(54) 発明の名称: 制御装置、制御方法及び手術システム

[図2]



- 110... OBSERVATION DEVICE
- 111... MICROSCOPE UNIT
- 112... ARM UNIT
- 120... DISPLAY DEVICE
- 130... CAMERA FOR ACQUIRING PERIPHERAL IMAGE
- 140... CONTROL DEVICE
- 141... IMAGE PROCESSING UNIT
- 142... ZONE SETTING UNIT
- 143... OPERATING MODE SETTING UNIT
- 144... INTRUSION ASSESSING UNIT
- 145... ACTION INDICATION UNIT
- 146... DRIVE CONTROL UNIT
- 147... WARNING CONTROL UNIT
- 150... HANDS-FREE INPUT DEVICE
- 151... MICROPHONE
- 152... SPECTACLE-TYPE WEARABLE DEVICE
- 153... FOOT SWITCH
- 154... MOTION RECOGNITION CAMERA
- 160... OPERATION RECOGNITION UNIT
- 161... VOICE RECOGNITION UNIT
- 162... GAZE RECOGNITION UNIT
- 163... HEAD TRACK RECOGNITION UNIT
- 164... GESTURE RECOGNITION UNIT
- 165... FOOT SWITCH OPERATION RECOGNITION UNIT
- 170... MANUAL INPUT DEVICE
- 180... WARNING OUTPUT UNIT

(57) Abstract: The objective of the present invention is to propose a control device, a control method and a surgical system capable of providing further improvements in safety. Provided is a control device provided with: a drive control unit (146) which controls the drive of an arm unit (112) supporting a medical implement (111); a zone setting unit (142) which, on the basis of a peripheral image indicating the situation around the medical implement or the arm unit, sets a spatial intrusion suitability zone for which the suitability of intrusion thereto by the medical implement or the arm unit is determined; an intrusion assessing unit (144) which assesses whether or not the medical implement or the arm unit has intruded into the intrusion suitability zone, when the drive of the arm unit is being controlled by the drive control unit in accordance with a non-contact operation performed by a user with respect to the arm unit; and an action indication unit (145) which causes an intrusion limiting action for limiting intrusion of the medical implement or the arm unit into the

WO 2017/187795 A1

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, JP, KE, KG, KH, KN,
 KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA,
 MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA,
 NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA,
 RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM,
 ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
 US, UZ, VC, VN, 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))

intrusion suitability zone to be executed in accordance with the result of the assessment by the intrusion assessing unit.

(57) 要約: より安全性を向上させることが可能な、制御装置、制御方法及び手術システムを提案する。医療用器具(111)を支持するアーム部(112)の駆動を制御する駆動制御部(146)と、前記医療用器具又は前記アーム部の周囲の様子を示す周囲画像に基づいて、前記医療用器具又は前記アーム部の侵入の適否が判断される侵入適否領域を空間上に設定する領域設定部(142)と、ユーザによる前記アーム部に対する非接触の操作に応じて前記駆動制御部によって前記アーム部の駆動が制御される際に、前記侵入適否領域に対する前記医療用器具又は前記アーム部の侵入の有無を判定する侵入判定部(144)と、前記侵入判定部による判定結果に応じて、前記医療用器具又は前記アーム部の前記侵入適否領域への侵入を抑制するための侵入抑制アクションを実行させるアクション指示部(145)と、を備える、制御装置を提供する。

明 細 書

発明の名称： 制御装置、制御方法及び手術システム

技術分野

[0001] 本開示は、制御装置、制御方法及び手術システムに関する。

背景技術

[0002] 近年、医療現場においては、検査や手術をサポートするために支持アーム装置が用いられつつある。例えば、支持アーム装置のアーム部によって内視鏡や顕微鏡等の術部を拡大観察するための観察用器具を支持し、当該観察用器具によって撮影された画像を見ながら医師が検査や手術を行う方法が提案されている。あるいは、アーム部の先端に鉗子やレトラクタ等の処置具を設け、従来人手で行われていた処置具の支持や操作を、支持アーム装置に行わせる方法も提案されている。なお、以下の説明では、支持アーム装置のアーム部の先端に設けられる観察用器具又は処置具等のことを、医療用器具と総称する。また、以下の説明では、アーム部の先端に観察用器具が設けられた支持アーム装置のことを観察装置とも呼称する。

[0003] また、このような支持アーム装置を用いた手術を対象とした支援システムが開発されている。例えば、特許文献1には、マニピュレータによって医療用器具を支持し、当該マニピュレータを操作することによって手術を行う手術システムに対する支援システムが開示されている。特許文献1に記載の技術では、MRI (Magnetic Resonance Imaging) 装置によって撮影された患者の術部の3次元情報に基づいて、ユーザによって、当該術部に対して、医療用器具が動作してもよい領域又は経路が設定される。そして、手術中には、医療用器具の位置をセンシングするとともに、当該医療用器具が設定された領域又は経路から外れそうになった場合に、警告が発せられる。当該技術によれば、医療用器具が患者の身体の意図せぬ部位に接触してしまう事態を回避し、より安全な手術を実現することが可能になると考えられる。

[0004] しかしながら、特許文献1に記載の技術では、MRI装置で事前に撮影された患者の術部の3次元情報に基づいて、上記領域又は上記経路が設定される。実際の手術時における患者の体腔内の状況は、必ずしも手術前に取得された情報に基づく3次元情報とは一致しない場合があるため、このような場合には、特許文献1に記載の技術では、警告が有効に働かず、安全を十分に確保できない恐れがある。また、特許文献1に記載の技術では、マニピュレータ（すなわち、アーム部）によって支持される医療用器具と、患者の身体との接触を防止することしか考慮されていない。一方、実際の手術現場では、ユーザの操作によるアーム部の移動に伴い、アーム部と周囲の物体（例えば、患者のドレープやメーヨー台（手術器具台）、医療スタッフ、手術機器等）との接触も生じ得る。このような接触が生じれば、アーム部の移動が妨げられることとなり、手術の円滑な実行が困難になる。従って、更に安全な手術を実現するためには、アーム部と周囲の物体との接触も考慮する必要がある。

[0005] これに対して、例えば工場において製品の組み立てや溶接作業、塗装作業等に用いられる産業用の多関節ロボット装置においては、そのアーム部と周囲の障害物との干渉を回避するための技術が開発されている。例えば、特許文献2には、冗長自由度を有するアーム部を備えた多関節ロボット装置において、当該アーム部の先端に設けられるエンドエフェクタの位置及び姿勢を固定したまま、干渉を回避し得るようにアーム部の駆動を制御する方法が開示されている。特許文献2に記載の技術のような、産業用の多関節ロボット装置における干渉回避技術を、医療用の支持アーム装置の駆動制御に応用することにより、より安全な手術を実現できる可能性がある。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2004-223128号公報

特許文献2：特開2005-14108号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] ここで、特許文献2に記載の技術では、障害物に対して設定された比較基準点と、多関節ロボット装置に対して設定された比較対象点と、の距離が最大になるようにアーム部の駆動を制御することにより、干渉を回避するような当該アーム部の動作を実現している。産業用の多関節ロボット装置では、例えば流れ作業において同じ作業を繰り返し行うことが想定され、当該多関節ロボット装置と回避対象である障害物との位置関係もほぼ変化しないと考えられるため、このような事前に設定された比較基準点及び比較対象点を用いた駆動制御であっても、一定の効果を奏することが可能であると考えられる。

[0008] 一方、医療用の支持アーム装置については、手術中に周囲の物体が頻繁に移動することが想定される。従って、特許文献2に記載の技術をそのまま適用したとしても、アーム部と周囲の物体との干渉を効果的に抑制することは困難であると考えられる。

[0009] 上記事情に鑑みれば、医療用の支持アーム装置においては、より安全にそのアーム部の駆動を制御する技術が求められていた。そこで、本開示では、より安全性を向上させることが可能な、新規かつ改良された制御装置、制御方法及び手術システムを提案する。

課題を解決するための手段

[0010] 本開示によれば、医療用器具を支持するアーム部の駆動を制御する駆動制御部と、前記医療用器具又は前記アーム部の周囲の様子を示す周囲画像に基づいて、前記医療用器具又は前記アーム部の侵入の適否が判断される侵入適否領域を空間上に設定する領域設定部と、ユーザによる前記アーム部に対する非接触の操作に応じて前記駆動制御部によって前記アーム部の駆動が制御される際に、前記侵入適否領域に対する前記医療用器具又は前記アーム部の侵入の有無を判定する侵入判定部と、前記侵入判定部による判定結果に応じて、前記医療用器具又は前記アーム部の前記侵入適否領域への侵入を抑制するための侵入抑制アクションを実行させるアクション指示部と、を備える、

制御装置が提供される。

[0011] また、本開示によれば、プロセッサが、医療用器具又は前記医療用器具を支持するアーム部の周囲の様子を示す周囲画像に基づいて、前記医療用器具又は前記アーム部の侵入の適否が判断される侵入適否領域を空間上に設定することと、ユーザによる前記アーム部に対する非接触の操作に応じて前記アーム部の駆動を制御する際に、前記侵入適否領域に対する前記医療用器具又は前記アーム部の侵入の有無を判定することと、前記侵入適否領域に対する前記医療用器具又は前記アーム部の侵入の有無の判定結果に応じて、前記医療用器具又は前記アーム部の前記侵入適否領域への侵入を抑制するための侵入抑制アクションを実行させることと、を含む、制御方法が提供される。

[0012] また、本開示によれば、アーム部によって支持され、術部を拡大して撮影する顕微鏡部と、前記顕微鏡部によって撮影された前記術部の画像を表示する表示装置と、前記顕微鏡部又は前記アーム部の周囲の様子を示す周囲画像を撮影する周囲画像取得用カメラと、前記アーム部の駆動を制御する駆動制御部と、前記周囲画像取得用カメラによって撮影された前記周囲画像に基づいて、前記顕微鏡部又は前記アーム部の侵入の適否が判断される侵入適否領域を空間上に設定する領域設定部と、ユーザによる前記アーム部に対する非接触の操作に応じて前記駆動制御部によって前記アーム部の駆動が制御される際に、前記侵入適否領域に対する前記顕微鏡部又は前記アーム部の侵入の有無を判定する侵入判定部と、前記侵入判定部による判定結果に応じて、前記顕微鏡部又は前記アーム部の前記侵入適否領域への侵入を抑制するための侵入抑制アクションを実行させるアクション指示部と、を備える、手術システムが提供される。

[0013] 本開示によれば、医療用器具又はアーム部の周囲の様子を示す周囲画像に基づいて、侵入適否領域が設定される。そして、ユーザによる非接触の操作に応じて当該アーム部の駆動が制御される際に、当該侵入適否領域に対する当該医療用器具又は当該アーム部の侵入の有無に応じて、侵入抑制アクションが実行される。当該構成によれば、実際の周囲の様子を反映して侵入適否

領域が設定されるため、より適切に当該侵入適否領域を設定することができるとともに、より適切に侵入抑制アクションを実行することができる。よって、より安全なアーム部の駆動制御が実現し得る。

発明の効果

[0014] 以上説明したように本開示によれば、より安全性を向上させることが可能になる。なお、上記の効果は必ずしも限定的なものではなく、上記の効果とともに、又は上記の効果に代えて、本明細書に示されたいずれかの効果、又は本明細書から把握され得る他の効果が奏されてもよい。

図面の簡単な説明

- [0015] [図1]本実施形態に係る手術システムの概略構成を示す図である。
[図2]本実施形態に係る手術システムの機能構成の一例を示すブロック図である。
[図3]周囲画像取得用カメラによって取得された周囲画像の一例を示す図である。
[図4]距離情報付き周囲画像の一例を示す図である。
[図5]侵入適否領域を設定するためのGUIの一例について説明するための図である。
[図6A]本実施形態に係る制御方法の処理手順の一例を示すフロー図である。
[図6B]本実施形態に係る制御方法の処理手順の一例を示すフロー図である。
[図7]本実施形態の一変形例に係る手術システムの概略構成を示す図である。
[図8]本実施形態に係る観察装置の一構成例を示す外観図である。

発明を実施するための形態

[0016] 以下に添付図面を参照しながら、本開示の好適な実施形態について詳細に説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

[0017] なお、説明は以下の順序で行うものとする。

1. 手術システムの構成

- 1 - 1. 概略構成
- 1 - 2. 機能構成
2. 制御方法
3. 変形例
4. 観察装置の構成例
5. 補足

[0018] なお、以下では、本開示の一例として、支持アーム装置が、そのアーム部の先端に術部を拡大して撮影する機能を有する電子撮像式の顕微鏡部が設けられる観察装置であり、当該観察装置を用いて手術（例えば、脳外科手術、眼科手術又は心臓外科手術等）が行われる実施形態について説明する。ただし、本開示はかかる例に限定されない。本開示に係る技術は、アーム部の先端に支持される医療用器具の種類にかかわらず、あらゆる種類の支持アーム装置に適用されてよい。また、本開示に係る技術が適用される医療行為は、手術に限定されず、検査等、各種の医療行為であってよい。本開示に係る技術は、支持アーム装置の駆動制御においてより高い安全性を実現するものであり、アーム部の先端に支持される医療用器具の種類や、当該技術が適用される医療行為の内容によらず、同様の効果を奏することが可能である。

[0019] また、以下の説明では、後述する手術システムを用いるユーザ、及び後述する観察装置を操作するユーザのことを、便宜的に術者と記載することとする。ただし、この記載は、手術システムを用いるユーザ、及び観察装置を操作するユーザを限定するものではなく、当該観察システムを用いる主体、及び観察装置を操作する主体は、助手や看護師等、他の医療スタッフであってよい。

[0020] （1. 手術システムの構成）

（1 - 1. 概略構成）

図1を参照して、本開示の好適な一実施形態に係る手術システムの概略構成について説明する。図1は、本実施形態に係る手術システムの概略構成を示す図である。図1では、本実施形態に係る手術システム10を用いて、術

者201が、患者ベッド203上の患者205に対して手術を行っている様子を概略的に示している。

[0021] 図1を参照すると、本実施形態に係る手術システム10は、観察装置110と、表示装置120と、周囲画像取得用カメラ130と、制御装置140と、マイクロフォン151と、眼鏡型ウェアラブルデバイス152と、フットスイッチ153と、動作認識用カメラ154と、を備える。なお、詳しくは後述するが、マイクロフォン151、眼鏡型ウェアラブルデバイス152、フットスイッチ153及び動作認識用カメラ154は、ハンズフリーモードにおける術者201の操作を受け付けるための入力装置として機能する。従って、以下の説明では、これらを総称してハンズフリー入力装置とも呼称することとする。

[0022] (観察装置)

観察装置110は、顕微鏡部111と、顕微鏡部111を先端で支持するアーム部112と、を備える。なお、図1では、簡単のため、観察装置110の構成を簡略化して図示している。観察装置110の具体的な構成例については、下記(4. 観察装置の構成例)で改めて詳細に説明する。

[0023] 顕微鏡部111は、筐体内に、撮像素子、及び当該撮像素子に観察対象からの光(観察光)を導光するための光学系等が格納されて構成される。当該撮像素子は、観察光を受光して光電変換することにより、観察光に対応した信号、すなわち観察像に対応した画像信号を生成する。このように、顕微鏡部111は、電子的に画像を撮影する、電子撮像式の顕微鏡部である。顕微鏡部111は、取得した画像信号を制御装置140に送信する。

[0024] 顕微鏡部111の光学系は、焦点距離を調整するためのフォーカスレンズ、及び倍率を調整するためのズームレンズを有する。顕微鏡部111には、これらフォーカスレンズ及びズームレンズを光軸方向に移動させるための駆動機構が設けられている。制御装置140からの制御によって当該駆動機構を介してフォーカスレンズ及びズームレンズの位置が適宜移動させられることにより、顕微鏡部111の焦点距離及び倍率が調整される。

[0025] また、本実施形態では、顕微鏡部 1 1 1 は、1 対の撮像素子を有するステレオカメラとして構成される。つまり、顕微鏡部 1 1 1 は、3 D 表示のための画像信号を取得する。

[0026] アーム部 1 1 2 は、複数のリンクが複数の関節部によって互いに回動可能に連結されることによって構成される。各関節部にはアクチュエータが設けられており、制御装置 1 4 0 からの制御によってこれらのアクチュエータの駆動が制御されることにより、アーム部の姿勢、並びに顕微鏡部 1 1 1 の位置及び姿勢が制御される。手術時には、術者 2 0 1 による操作によって、顕微鏡部 1 1 1 によって術部が撮影されるように、アーム部 1 1 2 の姿勢、並びに顕微鏡部 1 1 1 の位置及び姿勢が適宜調整される。

[0027] 本実施形態では、アーム部 1 1 2 は、冗長自由度を有するように構成される。ここで、冗長自由度を有するとは、顕微鏡部 1 1 1 について所望の位置及び姿勢を実現するために必要な最低限の自由度よりも多い自由度を有することを意味する。例えば、一般的に、顕微鏡部 1 1 1 の動きに関して、並進 3 自由度及び回転 3 自由度の計 6 自由度を有するようにアーム部 1 1 2 が構成されれば、当該アーム部 1 1 2 の可動範囲内において顕微鏡部 1 1 1 の位置及び姿勢を自由に制御することが可能になる。従って、本実施形態では、アーム部 1 1 2 は、顕微鏡部 1 1 1 の動きに関して 6 自由度よりも大きい自由度（例えば 7 自由度又は 8 自由度）を有するように構成される。冗長自由度を有することにより、例えば、顕微鏡部 1 1 1 の位置及び姿勢を固定した状態で、アーム部 1 1 2 の姿勢のみを変更するように、当該アーム部 1 1 2 を駆動させることが可能になる。

[0028] （表示装置）

表示装置 1 2 0 は、患者ベッド 2 0 3 を挟んで術者 2 0 1 と対向する位置に配置される。表示装置 1 2 0 には、制御装置 1 4 0 からの制御により、観察装置 1 1 0 の顕微鏡部 1 1 1 によって撮影された術部の画像が映し出される。術者 2 0 1 は、表示装置 1 2 0 に映し出された画像によって術部を観察しながら、当該術部に対して各種の処置を行う。

[0029] また、表示装置120としては、眼鏡式の3Dディスプレイが用いられる。これにより、立体視が可能になるため、術者201が術部をより正確に観察することが可能になる。なお、表示装置120の具体的な構成が限定されず、表示装置120としては、例えば液晶ディスプレイ装置又はEL (Electro Luminescence) ディスプレイ装置等、各種の公知の表示装置が適用されてよい。

[0030] また、表示装置120は、術部画像に代えて、又は術部画像とともに、手術に関する各種の情報（例えば、患者205の身体的データや、前もって行われた検査の結果、術式についての情報等）を表示してもよい。この表示の切り替えは、術者201による任意の操作に応じて実行されてよい。

[0031] （周囲画像取得用カメラ）

周囲画像取得用カメラ130は、観察装置110の顕微鏡部111に設けられ、顕微鏡部111及びアーム部112の周囲の様子を示す周囲画像を撮影する。周囲画像取得用カメラ130は、可能な限り広い範囲の画像を撮影可能なように、例えば広角レンズを有するカメラとして構成される。また、全周囲の画像を得るために、複数の周囲画像取得用カメラ130が顕微鏡部111に設けられてもよい。周囲画像取得用カメラ130は、撮影した周囲画像に係る画像信号を制御装置140に送信する。なお、本実施形態では、便宜的に、周囲画像を、「顕微鏡部111「及び」アーム部112の周囲の様子を示す画像」としているが、本開示はかかる例に限定されない。例えば、周囲画像は、「顕微鏡部111「又は」アーム部112の周囲の様子を示す画像」であってもよい。周囲画像は、「顕微鏡部111「及び／又は」アーム部112の周囲の様子を示す画像」として設定されればよく、実装時に周囲画像をどのように設定するかは、術者又は手術システム10の設計者等によって適宜設定されてよい。

[0032] ここで、詳しくは後述するが、周囲画像は、侵入適否領域を設定するための距離情報付き周囲画像（周囲画像に対して、顕微鏡部111及びアーム部112と周囲の物体との距離情報が付加された画像）を表示するために用い

られる。従って、周囲画像取得用カメラ130としては、距離情報を取得可能なもの（例えばステレオカメラ等）が用いられる。周囲画像取得用カメラ130によって取得された当該距離情報も、画像信号とともに制御装置140に送信される。

[0033] （制御装置）

制御装置140は、手術システム10の動作を統合的に制御する。具体的には、制御装置140は、術者201の操作に応じてアーム部112の駆動を制御し、顕微鏡部111の位置及び姿勢（すなわち、撮影範囲及び撮影方向）を制御する。また、制御装置140は、術者201の操作に応じて、顕微鏡部111の撮影条件（焦点距離及び倍率等）を制御する。また、制御装置140は、表示装置120における表示を制御する。

[0034] ここで、アーム部112の各関節部に設けられるアクチュエータには、モータ等の駆動機構、及び各関節部における回転角度を検出するエンコーダ等が搭載される。当該エンコーダの検出値は、随時制御装置140に送信されており、制御装置140は、このエンコーダの検出値を用いて、アーム部112の駆動制御を行うことができる。具体的には、制御装置140は、当該エンコーダによって検出された各関節部の回転角度についての情報と、制御装置140に予め入力されているアーム部112の内部モデル（アーム部112の駆動制御に用いられる制御モデルであり、制御対象であるアーム部112の幾何的な情報、及びアーム部112の運動についての情報を含むモデル）と、に基づいて、現在のアーム部112の状態（具体的には、アーム部112の現在の姿勢、並びに顕微鏡部111の現在の位置及び姿勢）を把握することができる。制御装置140は、把握したこれらの情報を用いて、術者201からの操作に応じた顕微鏡部111の移動を実現するような各関節部に対する制御値（例えば、位置制御であれば回転角度、又は力制御であれば発生トルク等）を算出し、当該制御値に従って各関節部の駆動機構を駆動させる。これにより、術者201の操作に応じたアーム部112の駆動制御が実現され得る。

[0035] また、制御装置140は、アーム部112の動作モードを設定する。ここで、動作モードとは、制御装置140がアーム部112の駆動制御を行う際における、術者201による操作の種類に応じたアーム部112の動作モードのことである。具体的には、動作モードには、手動モード及びハンズフリーモードが存在する。

[0036] 手動モードとは、術者201が手で顕微鏡部111及びアーム部112に直接接触れ、当該アーム部112に力を加えながら当該アーム部112を移動させる操作に応じて、当該アーム部112の駆動が制御される動作モードのことである。以下の説明では、この手動モードに係る操作のことを、便宜的に、直接的な操作とも呼称することとする。例えば、手動モードでは、制御装置140は、力制御によってアーム部112を駆動させる。この際、制御装置140は、術者201からの外力を受け、その外力にならってスムーズにアーム部112が移動するように各関節部のアクチュエータを駆動させる、いわゆるパワーアシスト制御を行うことができる。パワーアシスト制御では、術者201の直接的な操作をサポートするようにアーム部112の駆動が制御されることとなるため、術者201に、あたかも無重力下でアーム部112を移動させているかのような軽い操作感を与えることができ、術者201の操作性を向上させることができる。

[0037] 一方、ハンズフリーモードとは、術者201が自身の手を用いずに行う操作に応じて、アーム部112の駆動が制御される動作モードのことである。以下の説明では、このハンズフリーモードに係る操作のことを、便宜的に、ハンズフリー操作とも呼称することとする。具体的には、本実施形態では、ハンズフリー操作は、音声、視線、頭部の動き（いわゆる、ヘッドトラック）、ジェスチャ、及びフットスイッチ153を介した脚部による操作を含む。例えば、ハンズフリーモードでは、制御装置140は、位置制御によって、術者201がハンズフリー操作によって指定した移動量だけ顕微鏡部111が移動するように、アーム部112を駆動させる。

[0038] 手術時には、術者201の両手は処置具を把持しているため、ハンズフリ

ーモードで手を用いずにアーム部112の駆動制御を行うことができることにより、術者201は、顕微鏡部111の操作のために処置具を一旦手放す必要がない。また、ハンズフリーモードで手を用いずにアーム部112の駆動制御を行うことができることにより、術者201は、顕微鏡部111の操作のために不潔域に存在する入力装置等に手で触れる必要がない。このように、ハンズフリーモードでアーム部112を操作することにより、手術をより円滑に行うことが可能になる。

[0039] なお、この動作モードの切り替えは、術者201による任意の指示入力（例えば、ハンズフリー入力装置を介した指示入力や、スイッチ等の他の入力装置を介した指示入力）によって行われてよい。

[0040] また、制御装置140は、アーム部112の駆動制御に際して、周囲画像取得用カメラ130によって撮影された周囲画像に基づいて、空間上に顕微鏡部111及びアーム部112の侵入の適否が判断される領域（以下、侵入適否領域とも呼称する）を設定する。そして、制御装置140は、術者201のハンズフリー操作に応じてアーム部112を駆動させている間に、当該侵入適否領域に対して顕微鏡部111及びアーム部112が侵入した場合には、例えばアーム部112の動作を停止させる、及び／又は警告を出力させる等の、侵入適否領域へのアーム部112の侵入を抑制するためのアクション（以下、侵入抑制アクションとも呼称する）を実行させる。なお、制御装置140の具体的な機能については、下記（1-2. 機能構成）で改めて詳細に説明する。なお、本実施形態では、便宜的に、侵入適否領域（具体的には、後述する侵入禁止領域、侵入注意領域、及び侵入許可領域）を、「顕微鏡部111「及び」アーム部112の侵入の適否が判断される領域」としているが、本開示はかかる例に限定されない。例えば、侵入適否領域は、「顕微鏡部111「又は」アーム部112の侵入の適否が判断される領域」であってもよい。侵入適否領域は、「顕微鏡部111「及び／又は」アーム部112の侵入の適否が判断される領域」として設定されればよく、実装時に侵入適否領域をどのように設定するかは、術者又は手術システム10の設計者

等によって適宜設定されてよい。

[0041] なお、制御装置140は、例えば、CPU (Central Processing Unit)、GPU (Graphics Processing Unit) 等のプロセッサ、プロセッサとメモリ等の記憶素子が混載された制御基板、又はPC (Personal Computer) 等の一般的な情報処理装置等であり得る。制御装置140を構成するプロセッサが所定のプログラムに従って演算処理を実行することにより、上記の各機能が実現され得る。

[0042] (ハンズフリー入力装置)

ハンズフリー入力装置は、術者201によるハンズフリー操作を受け付けるための入力装置の総称である。具体的には、本実施形態では、ハンズフリー入力装置として、マイクロフォン151、眼鏡型ウェアラブルデバイス152、フットスイッチ153及び動作認識用カメラ154が設けられる。

[0043] マイクロフォン151及び眼鏡型ウェアラブルデバイス152は、術者201に装着される。マイクロフォン151は、術者201の音声を収音し、その音声に係る音声信号を制御装置140に送信する。制御装置140は、マイクロフォン151から送信されてくる音声信号を受信し、音声認識処理を行うことにより、術者201による音声を介した操作を認識する。

[0044] 眼鏡型ウェアラブルデバイス152には、術者201の視線を検出する視線検出センサが搭載される。眼鏡型ウェアラブルデバイス152の視線検出センサは、術者201の視線についての検出結果を制御装置140に送信する。制御装置140は、当該検出結果を解析することにより、術者201による視線を介した操作を認識する。なお、眼鏡型ウェアラブルデバイス152は、表示装置120において3D表示を見るための3D眼鏡としての機能も備えている。

[0045] フットスイッチ153は、術者201の脚部による操作内容を示す操作信号を制御装置140に送信する。制御装置140は、当該操作信号に基づいて、術者201によるフットスイッチ153を介した操作を認識する。

[0046] 動作認識用カメラ154は、術者201の姿を撮影し得る位置に配置され

る。図示する例では、動作認識用カメラ154は、術者201と対向して設けられる表示装置120の上部に設けられている。動作認識用カメラ154は、撮影した術者201の画像に係る画像信号を制御装置140に送信する。制御装置140は、当該画像信号に基づいて画像認識処理を行うことにより、術者201のヘッドトラック及びジェスチャを検出し、動作認識用カメラ154を介した操作を認識する。なお、術者201の頭部にはマーカ155が装着されており、制御装置140は、動作認識用カメラ154によって撮影された術者201の画像の中から当該マーカ155の動きを検出することにより、術者201のヘッドトラックの方向及び移動量を認識することができる。

[0047] 制御装置140は、ハンズフリー入力装置を介した術者201による操作に基づいて、上述した顕微鏡部111の位置及び姿勢の制御、顕微鏡部111の撮影条件の制御、及び表示装置120における表示の制御を行う。なお、どのような操作に応じて具体的にどのような制御を行うかは、任意に設定可能である。例えば、顕微鏡部111の位置及び姿勢の制御であれば、術者201の操作に「方向」の概念を有する指示が含まれている場合には、当該「方向」の概念を有する指示に従って顕微鏡部111が移動するように、アーム部112が駆動され得る。また、例えば、指示内容に「傾き」の概念を有する指示が含まれている場合には、当該「傾き」の概念を有する指示に従って顕微鏡部111が姿勢を変更するように、アーム部112が駆動され得る。

[0048] 以上、本実施形態に係る手術システム10の概略構成について説明した。なお、手術システム10の構成は、以上説明した構成例に限定されない。例えば、手術システム10では、観察装置110の顕微鏡部111はステレオカメラとして構成されなくてもよく、例えば単板の撮像素子を有するように構成され、2D表示用の画像信号を取得してもよい。この場合には、表示装置120としても、2D表示に対応したものが用いられ、当該表示装置120は、術部の画像を2D表示することとなる。また、例えば、手術システム

10では、観察装置110のアーム部112は、顕微鏡部111の動きに関して冗長自由度を有するように構成されなくてもよい。例えば、アーム部112は、6自由度以下の任意の自由度を有するように構成されてもよい。ただし、手術時には多様な方向から術部を撮影したいという要望が存在し得るため、顕微鏡部111を自由に移動させるために、アーム部112は、少なくとも6自由度を有するように構成されることが好ましい。

[0049] また、上記の構成例では、周囲画像取得用カメラ130が顕微鏡部111に取り付けられていたが、本実施形態はかかる例に限定されない。周囲画像取得用カメラ130は、顕微鏡部111及びアーム部112の周囲の画像を取得可能であればよく、その設置位置は任意であってよい。例えば、周囲画像取得用カメラ130は、手術室の天井に設けられる、いわゆる術場カメラであってもよい。

[0050] また、ハンズフリー入力装置の種類も上述した例に限定されない。ハンズフリー入力装置は、術者201が手を用いずに操作入力可能な装置であればよく、ハンズフリー入力装置としては任意の装置が適用されてよい。

[0051] (1-2. 機能構成)

図2を参照して、図1に示す手術システム10の機能構成について説明する。図2は、本実施形態に係る手術システム10の機能構成の一例を示すブロック図である。

[0052] 図2では、図1に示す手術システム10を構成する各装置（観察装置110の顕微鏡部111及びアーム部112、表示装置120、周囲画像取得用カメラ130、制御装置140、並びにハンズフリー入力装置150）、及び手術システム10が有する各機能を、模擬的にブロックによって示している。観察装置110、表示装置120、周囲画像取得用カメラ130及びハンズフリー入力装置150の構成及び機能については図1を参照して既に説明しているため、ここでは、制御装置140の機能について詳細に説明する。

[0053] なお、図1では図示及び説明を省略していたが、図2に示すように、手術

システム 10 は、手動入力装置 170 及び警告出力部 180 を更に備える。手動入力装置 170 は、ハンズフリー入力装置 150 以外の入力装置であり、術者 201 が手で触れて操作入力を行う入力装置である。手動入力装置 170 は、例えばタッチパネル、レバー、スイッチ等である。また、警告出力部 180 は、術者 201 に対して視覚的、聴覚的及び／又は触覚的に警告を出力する機能を有する。例えば、警告出力部 180 は、ランプ、ブザー、及び／又は術者 201 に装着されたバイブレーション装置等によって構成される。当該バイブレーション装置は、例えば眼鏡型ウェアラブルデバイス 152 に設けられてもよいし、別個の装置として設けられてもよい。あるいは、警告出力部 180 は、表示装置 120 を含む任意の表示装置によって構成され、警告を示す光や文字等を当該表示装置に表示してもよい。本実施形態では、警告出力部 180 を構成する装置は任意であってよく、警告の様態も任意であってよい。

[0054] 図示するように、制御装置 140 は、その機能として、操作認識部 160 と、画像処理部 141 と、領域設定部 142 と、動作モード設定部 143 と、侵入判定部 144 と、アクション指示部 145 と、駆動制御部 146 と、警告制御部 147 と、を有する。

[0055] (処置前における処理)

まず、手術のセッティングが終了した後、術者 201 が術部に対して各種の処置を行う前に実行される処理に係る機能について説明する。なお、手術のセッティングとは、具体的には、患者 205 の手術室内への搬入、術部を露出させるための作業（脳外科手術であれば開頭作業）、並びに医療スタッフ及び手術機器の配置等であり得る。

[0056] 手術のセッティングが終了し、術者 201 が処置を行う前において、画像処理部 141 は、周囲画像取得用カメラ 130 によって取得された周囲画像についての画像信号に対して、当該術部画像を表示装置 120 に表示させるための各種の画像処理を行う。そして、当該画像処理を施した画像信号を表示装置 120 に送信するとともに、当該画像信号に基づいて表示装置 120

に周囲画像を表示させる。なお、上記画像処理では、例えば、現像処理（デモザイク処理）、高画質化処理（帯域強調処理、超解像処理、NR（Noise reduction）処理及び／又は手ブレ補正処理等）及び／又は拡大処理（すなわち、電子ズーム処理）等、各種の公知の信号処理が行われてよい。

[0057] 図3は、周囲画像取得用カメラ130によって取得された周囲画像の一例を示す図である。図3に示すように、周囲画像には、顕微鏡部111及びアーム部112と、その周囲の物体が含まれ得る。図示する例であれば、周囲の物体として、術者201、他の医療スタッフ207、患者205、表示装置120、各種の手術機器209等が映し出されている。なお、図3、及び後述する4及び図5では、一例として、周囲画像取得用カメラ130が手術室の天井に設けられた場合に取得され得る画像を示している。

[0058] また、画像処理部141は、周囲画像に基づいて、顕微鏡部111及びアーム部112と、周囲の物体（例えば、術者201、患者205、他の医療スタッフ207、及び各種の手術機器209等）との距離を解析し、周囲画像に対してその距離情報を付加した距離情報付き周囲画像を表示装置120に表示させる。

[0059] 図4は、距離情報付き周囲画像の一例を示す図である。図4に示すように、距離情報は、例えば、顕微鏡部111及びアーム部112と周囲の物体との距離をいくつかの段階に分類し、この分類に応じて周囲画像を領域分けし、当該領域に対して段階ごとに異なる色を付すことによって、示される。図示する例では、顕微鏡部111及びアーム部112との距離が極近い物体が存在する領域301、顕微鏡部111及びアーム部112との距離が近い物体が存在する領域303、顕微鏡部111及びアーム部112との距離が中程度の物体が存在する領域305、及び顕微鏡部111及びアーム部112との距離が遠い物体が存在する領域307、の4つの領域に周囲画像が領域分けされ、各領域301～307にそれぞれ異なる色が付されることにより、距離情報が示されている。これらの領域のうち、領域301～305は、アーム部112の可動範囲内の領域、すなわち、駆動時に顕微鏡部111及

びアーム部 112 が侵入する可能性がある領域であり、領域 307 は、アーム部 112 の可動範囲外の領域である。

[0060] 更に、画像処理部 141 は、距離情報付き周囲画像に基づいて、侵入適否領域を設定するための GUI (Graphical User Interface) に係る表示を、表示装置 120 に表示させる。当該 GUI の詳細については、図 5 を参照して後述する。

[0061] 領域設定部 142 は、周囲画像に基づいて空間上に侵入適否領域を設定する。本実施形態では、領域設定部 142 は、侵入適否領域を設定するための GUI を介して行われる術者 201 による領域選択操作に応じて、空間上に当該侵入適否領域を設定する。

[0062] 図 5 は、侵入適否領域を設定するための GUI の一例について説明するための図である。図示するように、侵入適否領域を設定するための GUI では、距離情報付き周囲画像が表示装置 120 に表示される。当該 GUI では、距離情報付き周囲画像において顕微鏡部 111 及びアーム部 112 からの距離に応じて分類されている各領域 301 ~ 307 を、術者 201 が手動入力装置 170 を介して適宜選択することにより、これらの領域ごとに侵入適否領域を設定することができる。この際、領域 301 ~ 307 がそれぞれ複数存在する場合には、その 1 つずつの領域に対して侵入適否領域を設定することができる。例えば、手動入力装置 170 がタッチパネルである場合には、当該タッチパネルが表示装置 120 と一体的に構成されており、術者 201 は、表示画面上の領域 301 ~ 307 に指、スタイラス等で直接接触することにより、侵入適否領域として設定する領域を選択することができる。あるいは、手動入力装置 170 は、マウス等のポインティングデバイスであってもよく、術者 201 は、当該ポインティングデバイスを介して表示画面上のポインタを操作することにより、領域 301 ~ 307 の中から侵入適否領域として設定する領域を選択してもよい。

[0063] ここで、本実施形態では、侵入適否領域として、3 種類の領域、すなわち侵入禁止領域 311、侵入注意領域 313 及び侵入許可領域 315 が設定さ

れる。侵入禁止領域 3 1 1 は、アーム部 1 1 2 の可動範囲内の領域であって、安全の観点から、顕微鏡部 1 1 1 及びアーム部 1 1 2 が侵入することが禁止される領域である。例えば、図示するように、術者 2 0 1 は、上記 GUI において、アーム部 1 1 2 の可動範囲に属する領域 3 0 1 ~ 3 0 5 の中から、患者 2 0 5 や手術機器等、顕微鏡部 1 1 1 及びアーム部 1 1 2 と接触してはいけない物体が存在する領域を、侵入禁止領域 3 1 1 として選択する。

[0064] 侵入注意領域 3 1 3 は、アーム部 1 1 2 の可動範囲内の領域であって、注意を払う必要はあるものの、顕微鏡部 1 1 1 及びアーム部 1 1 2 が部分的に侵入しても差し支えない領域である。例えば、図示するように、術者 2 0 1 は、上記 GUI において、アーム部 1 1 2 の可動範囲に属する領域 3 0 1 ~ 3 0 5 の中から、例えば手術室内に懸架されたケーブルや布等、顕微鏡部 1 1 1 及びアーム部 1 1 2 と接触したとしても柔軟に変形可能な物体が存在する領域を、侵入注意領域 3 1 3 として選択する。

[0065] 侵入許可領域 3 1 5 は、アーム部 1 1 2 の可動範囲内の領域であって、現状は物体が存在するものの、顕微鏡部 1 1 1 及びアーム部 1 1 2 が侵入しても差し支えない領域である。例えば、図示するように、術者 2 0 1 は、上記 GUI において、アーム部 1 1 2 の可動範囲に属する領域 3 0 1 ~ 3 0 5 の中から、例えば医療スタッフ（助手や看護師等）等、顕微鏡部 1 1 1 及びアーム部 1 1 2 が近付いてきた場合に避けることが可能な物体が存在する領域を、侵入許可領域 3 1 5 として選択する。

[0066] 領域設定部 1 4 2 は、この術者 2 0 1 による選択操作に応じて、空間上に侵入禁止領域、侵入禁止注意領域及び侵入許可領域を設定する。そして、領域設定部 1 4 2 は、設定した侵入禁止領域、侵入禁止注意領域及び侵入許可領域についての情報を、侵入判定部 1 4 4 に提供する。なお、必ずしも侵入禁止領域、侵入禁止注意領域及び侵入許可領域が全て設定されなくてもよく、これらのうちの少なくともいずれかが設定されればよい。

[0067] このように、本実施形態では、手術のセッティングが終了した後、術者が処置を開始する前のタイミングで撮影された周囲画像に基づいて、領域設定

部142が侵入適否領域を設定する。この段階で取得された周囲画像は、まさに実際の処置時の状況を反映したものであるため、この周囲画像に基づいて侵入適否領域が設定されることにより、より実態に即した適切な侵入適否領域を設定することができる。また、侵入適否領域は、術者201によって任意に設定可能である。実際の手術現場を熟知している術者201によって侵入適否領域が設定されることによって、当該侵入適否領域がより適切に設定され得る。

[0068] (処置中における処理)

次に、上記の侵入適否領域の設定処理が行われた後、術者201が術部に対して各種の処置を行っている最中に実行される処理に係る機能について説明する。

[0069] 操作認識部160は、ハンズフリー入力装置150から送信される術者201の操作を示す情報に基づいて、当該術者201の操作を認識する。具体的には、操作認識部160は、その機能として、音声認識部161と、視線認識部162と、ヘッドトラック認識部163と、ジェスチャ認識部164と、フットスイッチ操作認識部165と、を有する。

[0070] 音声認識部161は、マイクロフォン151によって収音された術者201の音声に係る音声信号を解析し、術者201による音声を介した操作を認識する。視線認識部162は、眼鏡型ウェアラブルデバイス152に搭載される視線検出センサによって検出された術者201の視線についての検出結果に基づいて、術者201による視線を介した操作を認識する。ヘッドトラック認識部163及びジェスチャ認識部164は、動作認識用カメラ154によって撮影された術者201の画像を解析することにより、術者201によるヘッドトラック及びジェスチャを介した操作を認識する。フットスイッチ操作認識部165は、フットスイッチ153によって取得された術者201の脚部による操作に係る操作信号に基づいて、術者201によるフットスイッチ153を介した操作を認識する。

[0071] 操作認識部160によって認識される操作は、動作モードの変更に関する

もの、アーム部 112 の操作に関するもの、及び表示装置 120 の表示制御に関するものを含む。操作認識部 160 は、認識した操作が動作モードの変更に関するものである場合には、その操作内容についての情報を、動作モード設定部 143 に提供する。また、操作認識部 160 は、認識した操作がアーム部 112 の操作に関するものである場合には、その操作内容についての情報を、駆動制御部 146 に提供する。また、操作認識部 160 は、認識した操作が表示装置 120 の表示制御に関するものである場合には、その操作内容についての情報を、画像処理部 141 に提供する。

[0072] 画像処理部 141 は、顕微鏡部 111 によって取得された術部画像についての画像信号に対して、当該術部画像を表示装置 120 に表示させるための各種の画像処理（例えば、上述した周囲画像に係る画像処理と同様の処理）を行う。そして、画像処理を施した画像信号を表示装置 120 に送信するとともに、当該画像信号に基づいて表示装置 120 に術部画像を表示させる。また、画像処理部 141 は、術者 201 による操作に応じて、術部画像の代わりに、又は術部画像とともに、手術に関する各種の情報を表示装置 120 に表示させてもよい。

[0073] 動作モード設定部 143 は、操作認識部 160 から提供される術者 201 の操作内容についての情報に応じて、アーム部 112 の動作モードを、手動モード及びハンズフリーモードのいずれかに設定する。動作モード設定部 143 は、設定した動作モードについての情報を、侵入判定部 144 及び駆動制御部 146 に提供する。

[0074] 侵入判定部 144 は、動作モード設定部 143 によって設定された動作モードについての情報、領域設定部 142 によって設定された侵入適否領域（すなわち、侵入禁止領域、侵入禁止注意領域及び侵入許可領域）についての情報、及びアーム部 112 から送信されるアーム部 112 の状態を示す情報（具体的には、各関節部に設けられるエンコーダの検出値）に基づいて、ハンズフリー操作に応じてアーム部 112 の駆動が制御されている最中に、顕微鏡部 111 及びアーム部 112 が侵入適否領域に侵入したかどうかを判定

する。ここで、上述したように、制御装置 140 には、アーム部 112 の各関節部に設けられるエンコーダの検出値が随時送信されている。侵入判定部 144 は、当該エンコーダの検出値と、制御装置 140 に予め入力されているアーム部 112 の内部モデルと、に基づいて、現在のアーム部 112 の状態（具体的には、アーム部 112 の姿勢、並びに顕微鏡部 111 の位置及び姿勢）を把握することができる。そして、侵入判定部 144 は、把握した現在のアーム部 112 の状態と、空間上に設定されている侵入適否領域と、を比較することにより、顕微鏡部 111 及びアーム部 112 の侵入適否領域への侵入有無を判定する。

[0075] なお、本明細書では、便宜的に、「侵入判定部 144 が、顕微鏡部 111 及びアーム部 112 が侵入適否領域に侵入したかどうかを判定する」と記載しているが、実際には、侵入判定部 144 は、顕微鏡部 111 及びアーム部 112 が侵入適否領域に侵入しそうになった場合に、顕微鏡部 111 及びアーム部 112 が侵入適否領域に侵入したと判定してもよい。例えば、侵入判定部 144 は、顕微鏡部 111 及びアーム部 112 と、侵入適否領域との距離が所定のしきい値以下になった場合に、顕微鏡部 111 及びアーム部 112 が侵入適否領域に侵入したと判定する。これにより、顕微鏡部 111 及びアーム部 112 が侵入適否領域に実際に侵入する前に、後述するアクション指示部 145 からの指示によって侵入抑制アクションが実行されることとなるため、顕微鏡部 111 及びアーム部 112 の侵入適否領域への侵入を、未然に防止することが可能となる。

[0076] 侵入判定部 144 は、判定結果についての情報を、アクション指示部 145 に提供する。なお、侵入判定部 144 は、手動モードにおいて術者 201 による直接的な操作に応じてアーム部 112 の駆動が制御されている場合には、侵入有無の判定処理を行わない。この理由については後述する。

[0077] アクション指示部 145 は、侵入判定部 144 による判定結果に基づいて、侵入抑制アクションを行う旨の指示を発行する。本実施形態では、アクション指示部 145 は、顕微鏡部 111 及びアーム部 112 の侵入適否領域へ

の侵入の様態に応じて、駆動制御部 1 4 6 及び／又は警告制御部 1 4 7 に対して、異なる侵入抑制アクションに係る指示を発行する。

[0078] 具体的には、アクション指示部 1 4 5 は、顕微鏡部 1 1 1 及びアーム部 1 1 2 が侵入禁止領域に侵入したと判定された場合には、アーム部 1 1 2 の動きを停止させるように駆動制御部 1 4 6 に対して指示を発行するとともに、アーム部 1 1 2 が侵入禁止領域に侵入した旨の警告を出力するように警告制御部 1 4 7 に対して指示を発行する。これにより、アーム部 1 1 2 が侵入禁止領域に侵入することが強制的に防止されるとともに、警告を受けた術者 2 0 1 等の医療スタッフが適宜適切な処置を取りながら手術を継続することが可能になる。

[0079] また、アクション指示部 1 4 5 は、顕微鏡部 1 1 1 及びアーム部 1 1 2 が侵入注意領域に侵入したと判定された場合には、冗長自由度を利用して顕微鏡部 1 1 1 の位置及び姿勢を維持しながら顕微鏡部 1 1 1 及びアーム部 1 1 2 が侵入注意領域を回避するように（すなわち、顕微鏡部 1 1 1 及びアーム部 1 1 2 ができるだけ侵入注意領域に入らないように）当該アーム部 1 1 2 を動作させるように駆動制御部 1 4 6 に対して指示を発行するとともに、アーム部 1 1 2 が侵入注意領域に侵入した旨の警告を出力するように警告制御部 1 4 7 に対して指示を発行する。これにより、顕微鏡部 1 1 1 及びアーム部 1 1 2 が侵入注意領域に侵入することが可能な限り抑制されるとともに、警告を受けた術者 2 0 1 等の医療スタッフが、顕微鏡部 1 1 1 及びアーム部 1 1 2 の動きに注意を払いながら手術を継続することが可能になる。

[0080] また、アクション指示部 1 4 5 は、顕微鏡部 1 1 1 及びアーム部 1 1 2 が侵入許可領域に侵入したと判定された場合には、アーム部 1 1 2 が侵入許可領域に侵入した旨の警告を出力するように警告制御部 1 4 7 に対して指示を発行する。これにより、警告を受けた術者 2 0 1 等の医療スタッフが、アーム部 1 1 2 の動きに注意を払い、当該顕微鏡部 1 1 1 及びアーム部 1 1 2 を回避しながら、手術を継続することが可能になる。

[0081] なお、アクション指示部 1 4 5 は、動作モードが手動モードであり、侵入

判定部 144 による侵入有無の判定処理が行われていない場合には、侵入抑制アクションに係る処理を行わない。

[0082] 駆動制御部 146 は、術者 201 の操作に応じて、アーム部 112 の各関節部に設けられているアクチュエータを駆動させることにより、アーム部 112 の駆動を制御する。侵入判定部 144 と同様に、駆動制御部 146 は、アーム部 112 の各関節部に設けられるエンコーダの検出値と、制御装置 140 に予め入力されているアーム部 112 の内部モデルと、に基づいて、現在のアーム部 112 の姿勢を把握することができる。そして、駆動制御部 146 は、把握した現在のアーム部 112 の状態と、操作認識部 160 によって認識された術者 201 による操作内容と、に基づいて、術者 201 による操作に応じた顕微鏡部 111 の移動を実現するような各関節部に対する制御値を算出し、当該制御値に従って各関節部を駆動させることにより、顕微鏡部 111 に所望の位置及び姿勢を取らせる、又はアーム部 112 に所望の姿勢を取らせる。

[0083] ここで、駆動制御部 146 は、アーム部 112 の駆動制御に際して、動作モードに応じて異なる制御を行う。まず、アーム部 112 の動作モードが手動モードである場合には、駆動制御部 146 は、力制御によって、術者 201 による直接的な操作に応じて顕微鏡部 111 が移動するようにアーム部 112 の駆動を制御する。例えば、駆動制御部 146 は、パワーアシスト制御によってアーム部 112 を駆動させる。また、この際、駆動制御部 146 は、アクション指示部 145 によって指示が発行されていたとしても、当該指示に従った制御は行わず、術者 201 による直接的な操作に応じてアーム部 112 を動作させる。

[0084] 一方、アーム部 112 の動作モードがハンズフリーモードである場合には、駆動制御部 146 は、位置制御によって、ハンズフリー入力装置 150 を介して入力され、操作認識部 160 によって認識された術者 201 の操作に応じて顕微鏡部 111 が移動するように、アーム部 112 の駆動を制御する。ただし、この際、駆動制御部 146 は、アクション指示部 145 によって

指示が発行されている場合には、術者 201 の操作にかかわらず、当該指示に従った制御を行う。

[0085] つまり、駆動制御部 146 は、アーム部 112 が侵入禁止領域に侵入したと判定された場合には、アクション指示部 145 からの指示に従い、術者 201 の操作にかかわらず、アーム部 112 の移動を停止させる。また、駆動制御部 146 は、アーム部 112 が侵入注意領域に侵入したと判定された場合には、アクション指示部 145 からの指示に従い、術者 201 の操作にかかわらず、アーム部 112 ができるだけ侵入注意領域に侵入しないように、顕微鏡部 111 の位置及び姿勢を維持したまま当該アーム部 112 の姿勢を変更させる。

[0086] 警告制御部 147 は、アクション指示部 145 からの指示に従って警告出力部 180 の駆動を制御し、術者 201 に対してアーム部 112 が侵入適否領域に侵入した旨の警告を出力させる。なお、警告制御部 147 は、術者 201 による任意の操作に応じて、出力させた警告を停止させることができる。

[0087] 以上、本実施形態に係る手術システム 10 の機能構成について説明した。以上説明したように、本実施形態によれば、実際の手術室内における顕微鏡部 111 及びアーム部 112 の周囲画像に基づいて侵入適否領域が設定され、アーム部 112 の駆動制御時には、設定された侵入適否領域に対するアーム部 112 の侵入の有無に応じて、侵入抑制アクションが実行される。手術時には、顕微鏡部 111 及びアーム部 112 の周囲の人や物は頻繁に移動し得るため、上述したように、このように実際の状況に応じて侵入適否領域が設定されることにより、より実態に即した適切な侵入適否領域を設定することが可能になる。従って、このようにして設定された侵入適否領域に対するアーム部 112 の侵入の有無に応じて侵入抑制アクションが実行されることにより、当該侵入抑制アクションもより適切に実行されることとなり、より安全な手術が実現され得る。

[0088] ここで、もしもアーム部 112 が周囲のあらゆる物体と干渉することを防

止するように侵入抑制アクションを実行すると、アーム部 1 1 2 が移動可能な範囲が過度に制限されてしまい、円滑な手術の実行が妨げられてしまう恐れがある。これに対して、本実施形態では、アーム部 1 1 2 と干渉し得る物体の様態に応じて、複数の種類の侵入適否領域が段階的に設定される。そして、アーム部 1 1 2 が侵入した侵入適否領域の種類に応じて、異なる侵入抑制アクションが実行される。これにより、アーム部 1 1 2 と周囲の物体との干渉を好適に抑制しつつ、円滑に手術を実行することが可能になる。

[0089] また、本実施形態では、アーム部 1 1 2 の動作モードがハンズフリーモードである場合のみ、侵入有無の判定処理が行われ、侵入抑制アクションが実行される。これは、例えば、手動モードでは、術者 2 0 1 が顕微鏡部 1 1 1 又はアーム部 1 1 2 に直接接触りながら当該アーム部 1 1 2 を操作するため、当該術者 2 0 1 は、アーム部 1 1 2 の動きを当然に把握しながら、当該アーム部 1 1 2 を操作することとなる。従って、侵入抑制アクションを実行するまでもなく、術者 2 0 1 自身の操作によって、アーム部 1 1 2 と周囲の物体との干渉を回避することができると考えられるため、手動モード時には侵入抑制アクションを実行する必要性が低いからである。むしろ、手動モード時において侵入抑制アクションを実行すると、術者 2 0 1 によるアーム部 1 1 2 の操作が過度に限定されてしまい、術者 2 0 1 の操作性を損ねる恐れもある。

[0090] 一方、ハンズフリーモードでは、例えば、顕微鏡部 1 1 1 が所望の術部画像が得られるような位置及び姿勢となるように、術者 2 0 1 が表示装置 1 2 0 の表示を見ながらアーム部 1 1 2 を操作する様態が考えられる。つまり、ハンズフリーモードでは、術者 2 0 1 は、アーム部 1 1 2 の動き自体には注意を払っていない可能性が高い。このような場合には、アーム部 1 1 2 が意図せず周囲の物体と接触してしまう恐れがあるため、侵入抑制アクションを実行し、その接触を自動的に抑制する機能が重要となるのである。

[0091] このように、本実施形態では、アーム部 1 1 2 の動きを術者 2 0 1 が把握していない可能性が高いハンズフリーモードにおいてのみ侵入抑制アクショ

ンを実行することにより、術者201の操作性を損ねることなく、より安全なアーム部112の駆動制御を実現しているのである。

[0092] なお、以上説明した機能構成はあくまで一例であり、手術システム10は、以上説明した処理を実行可能であればよく、その機能構成は任意であってよい。例えば、上記の構成例では、侵入適否領域の設定に係る各種の画像（周囲画像、距離情報付き周囲画像、及び領域設定のためのGUIに係る表示画面の画像）が、術部画像が表示される表示装置120に表示されていたが、本実施形態はかかる例に限定されない。手術システム10が、表示装置120とは別個の表示装置を備えるように構成され、これらの侵入適否領域の設定に係る各種の画像は、当該別個の表示装置に表示されてもよい。なお、同一の表示装置120に、侵入適否領域の設定に係る各種の画像と、術部画像とがともに表示され得る場合には、その画像表示の切り替えは、術者201による任意の操作によって行われてよい。

[0093] また、上記の構成例では、術者201が処置を行う前に侵入適否領域の設定処理が行われていたが、本実施形態はかかる例に限定されない。例えば、処置を行っている間に周囲の状況が大きく変化した場合には、処置を行っている最中に、侵入適否領域を再設定する処理が行われてもよい。これにより、最新の状況を反映して侵入適否領域が設定され得るため、より適切に侵入適否領域を設定することが可能になる。

[0094] また、上記の構成例では、侵入適否領域として、侵入禁止領域、侵入注意領域及び侵入許可領域の3種類の領域が設定されていたが、本実施形態はかかる例に限定されない。侵入適否領域を段階的に設定する際のその段階の分け方は任意であってよい。例えば、侵入適否領域として、3種類以外の他の数の種類の領域が設定されてもよい。あるいは、侵入適否領域は段階的に設定されなくてもよく、侵入適否領域として1種類の領域が設定されてもよい。

[0095] なお、制御装置140の具体的な装置構成は限定されない。制御装置140は、上述した機能を実現するように構成されればよく、その具体的な装置

構成は任意であってよい。例えば、制御装置140は、1つの装置として構成されなくてもよく、複数の装置によって構成されてもよい。制御装置140が複数の装置によって構成される場合には、例えば、これら複数の装置に図2にブロックで模擬的に示す機能が分散されて搭載されるとともに、これら複数の装置が互いに通信可能に接続され、互いに協働して動作することにより、制御装置140と同様の機能が実現され得る。

[0096] また、図2に示す手術システム10の制御装置140の各機能を実現するためのコンピュータプログラムを作製し、PC等の処理装置に実装することが可能である。また、このようなコンピュータプログラムが格納された、コンピュータで読み取り可能な記録媒体も提供することができる。記録媒体は、例えば、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、フラッシュメモリなどである。また、上記のコンピュータプログラムは、記録媒体を用いずに、例えばネットワークを介して配信してもよい。

[0097] (2. 制御方法)

図6A及び図6Bを参照して、本実施形態に係る制御方法の処理手順について説明する。図6A及び図6Bは、本実施形態に係る制御方法の処理手順の一例を示すフロー図である。なお、図6A及び図6Bに示す各処理は、上述した図2に示す手術システム10の制御装置140によって実行される処理に対応している。これらの各処理の詳細については、手術システム10の機能構成について説明する際に既に説明しているため、以下の制御方法の処理手順についての説明では、各処理についての詳細な説明は割愛する。

[0098] また、図6A及び図6Bに示す一連の処理が実行される前に、手術のセッティングが終了しているものとする。つまり、本実施形態に係る制御方法は、術者201が術部に対する処置をいつでも開始可能な状況まで手術の準備が終了した段階で開始される。

[0099] 図6A及び図6Bを参照すると、本実施形態に係る制御方法では、まず、周囲画像が取得される(ステップS101)。ステップS101に示す処理は、図2に示す周囲画像取得用カメラ130から、制御装置140の画像処

理部141に、周囲画像についての情報が送信される処理に対応している。

[0100] 次に、侵入適否領域が設定される（ステップS103）。具体的には、ステップS103では、例えば図5に示すGUIを用いた術者201による指示に従って、侵入適否領域として、侵入禁止領域、侵入注意領域及び侵入許可領域が設定される。なお、ステップS103に示す処理は、図2に示す領域設定部142によって実行される処理に対応している。

[0101] 以上説明したステップS101及びステップS103における処理は、術者201が術部に対する処置を開始する前に実行される処理である。一方、以下に説明するステップS105以降の処理は、術者201が術部に対する処置を開始した後に実行される処理である。

[0102] ステップS105では、術者201の操作に応じて、観察装置110のアーム部112の動作モードが設定される。ステップS105に示す処理は、図2に示す動作モード設定部143によって実行される処理に対応している。なお、本実施形態では、ステップS105よりも後に行われる一連の処理の間において、術者201によって、任意のタイミングで、動作モードを変更する旨の指示が入力されてよい。当該指示が入力された場合には、ステップS105に戻り、当該指示に応じた動作モードの設定処理が行われる。

[0103] 次に、動作モードが判定される（ステップS107）。動作モードが手動モードである場合には、ステップS109に進み、術者201による直接的な操作に応じて、アーム部112の駆動が制御される。この場合には、術者201による制御終了の指示、又は動作モードを変更する旨の指示が入力されるまで、ステップS109の処理が繰り返し実行される（すなわち、手動モードでのアーム部112の駆動制御が継続される）。

[0104] 一方、動作モードがハンズフリーモードである場合には、ステップS111に進み、術者201によるハンズフリー操作に応じて、アーム部112の駆動が制御される。なお、以上のステップS107～ステップS111に示す処理は、図2に示す駆動制御部146によって実行される処理に対応している。

- [0105] ステップS 1 1 1でハンズフリー操作に応じてアーム部 1 1 2の駆動が制御されている間に、顕微鏡部 1 1 1及びアーム部 1 1 2が侵入禁止領域に侵入したかどうか判定される（ステップS 1 1 3）。ステップS 1 1 3に示す処理は、図 2に示す侵入判定部 1 4 4によって実行される処理に対応している。
- [0106] ステップS 1 1 3で、アーム部 1 1 2が侵入禁止領域に侵入したと判定された場合には、アーム部 1 1 2の動作が停止されるとともに（ステップS 1 1 5）、顕微鏡部 1 1 1及びアーム部 1 1 2が侵入禁止領域に侵入した旨の警告が出力される（ステップS 1 1 7）。ステップS 1 1 5及びステップS 1 1 7に示す処理は、図 2に示すアクション指示部 1 4 5によって発行される指示に従って、駆動制御部 1 4 6及び警告制御部 1 4 7が実行する処理に対応している。
- [0107] ステップS 1 1 7で警告が出力されると、次に、術者 2 0 1による動作モードを変更する旨の指示が入力されたかどうか判定される（ステップS 1 1 9）。当該指示が入力されない間は、アーム部 1 1 2の動作が停止されたまま、かつ警告が出力され続けたまま、当該指示があるまで待機する。一方、当該指示が入力された場合には、ステップS 1 0 5に戻り、当該指示に従って動作モードが再度設定される。この場合には、動作モードがハンズフリーモードから手動モードに変更されることとなるため、ステップS 1 0 7及びステップS 1 0 9の処理が実行され、術者 2 0 1は、直接的な操作によってアーム部 1 1 2を移動させることが可能になる。この際、動作モードの変更に伴い、警告も停止され得る。つまり、本実施形態では、アーム部 1 1 2が侵入禁止領域に侵入したと判定され、アーム部 1 1 2の動作が停止された場合には、動作モードを変更することにより、術者 2 0 1は、当該アーム部 1 1 2を移動させ、手術を継続することが可能となる。
- [0108] これに対して、ステップS 1 1 3で、顕微鏡部 1 1 1及びアーム部 1 1 2が侵入禁止領域に侵入していないと判定された場合には、ステップS 1 2 1に進み、顕微鏡部 1 1 1及びアーム部 1 1 2が侵入注意領域に侵入したかど

うかが判定される。ステップS 1 2 1に示す処理は、図2に示す侵入判定部1 4 4によって実行される処理に対応している。

[0109] ステップS 1 2 1で、顕微鏡部1 1 1及びアーム部1 1 2が侵入注意領域に侵入したと判定された場合には、顕微鏡部1 1 1の位置及び姿勢を維持したまま侵入注意領域にできるだけ侵入しないようにアーム部1 1 2の姿勢が変更されるとともに（ステップS 1 2 3）、顕微鏡部1 1 1及びアーム部1 1 2が侵入注意領域に侵入した旨の警告が出力される（ステップS 1 2 5）。ステップS 1 2 3及びステップS 1 2 5に示す処理は、図2に示すアクション指示部1 4 5によって発行される指示に従って、駆動制御部1 4 6及び警告制御部1 4 7が実行する処理に対応している。

[0110] 顕微鏡部1 1 1及びアーム部1 1 2が侵入注意領域に侵入した場合には、術者2 0 1は、ハンズフリー操作によるアーム部1 1 2の操作を継続することが可能である。従って、ステップS 1 2 5で警告が出力された後は、ステップS 1 1 1に戻り、ハンズフリー操作に応じたアーム部1 1 2の駆動制御が引き続き実行される。なお、顕微鏡部1 1 1及びアーム部1 1 2が侵入注意領域に侵入してはいるものの、安全上問題がないと判断され得る場合には、上記警告は、術者2 0 1による任意の操作によって適宜停止されてよい。

[0111] ステップS 1 2 1で、顕微鏡部1 1 1及びアーム部1 1 2が侵入注意領域に侵入していないと判定された場合には、ステップS 1 2 7に進み、顕微鏡部1 1 1及びアーム部1 1 2が侵入許可領域に侵入したかどうか判定される。ステップS 1 2 7に示す処理は、図2に示す侵入判定部1 4 4によって実行される処理に対応している。

[0112] ステップS 1 2 7で、顕微鏡部1 1 1及びアーム部1 1 2が侵入許可領域に侵入したと判定された場合には、顕微鏡部1 1 1及びアーム部1 1 2が侵入許可領域に侵入した旨の警告が出力される（ステップS 1 2 9）。ステップS 1 2 9に示す処理は、図2に示すアクション指示部1 4 5によって発行される指示に従って、警告制御部1 4 7が実行する処理に対応している。

[0113] 顕微鏡部 1 1 1 及びアーム部 1 1 2 が侵入許可領域に侵入している場合及び侵入していない場合ともに、術者 2 0 1 は、ハンズフリー操作によるアーム部 1 1 2 の操作を継続することが可能である。従って、ステップ S 1 2 9 で警告が出力された後又はステップ S 1 2 7 で顕微鏡部 1 1 1 及びアーム部 1 1 2 が侵入許可領域に侵入していないと判定された場合には、ステップ S 1 1 1 に戻り、ハンズフリー操作に応じたアーム部 1 1 2 の駆動制御が引き続き実行される。なお、アーム部 1 1 2 が侵入許可領域に侵入してはいるものの、安全上問題がないと判断され得る場合には、上記警告は、術者 2 0 1 による任意の操作によって適宜停止されてよい。

[0114] 以上、図 6 A 及び図 6 B を参照して、本実施形態に係る制御方法の処理手順について説明した。

[0115] (3. 変形例)

以上説明した実施形態の一変形例について説明する。図 7 は、本実施形態の一変形例に係る手術システムの概略構成を示す図である。

[0116] 図 7 を参照すると、本実施形態の一変形例に係る手術システム 1 0 a は、観察装置 1 1 0 と、表示装置 1 2 0 a と、周囲画像取得用カメラ 1 3 0 と、制御装置 1 4 0 a と、マイクロフォン 1 5 1 と、フットスイッチ 1 5 3 と、動作認識用カメラ 1 5 4 と、を備える。このように、本変形例に係る手術システム 1 0 a は、上述した手術システム 1 0 に対して、表示装置 1 2 0 及び制御装置 1 4 0 の構成が変更されるとともに、眼鏡型ウェアラブルデバイス 1 5 2 が設けられないものに対応する。また、術者 2 0 1 に対してマーカ 1 5 5 も設けられない。手術システム 1 0 a において、その他の事項については、以上説明した手術システム 1 0 と同様である。従って、以下の手術システム 1 0 a についての説明では、手術システム 1 0 と相違する事項について主に説明し、重複する事項についてはその詳細な説明を省略する。

[0117] 図示するように、本変形例では、表示装置 1 2 0 a は、比較的術者 2 0 1 から比較的近距離に配置される。例えば、表示装置 1 2 0 a は、患者ベッド 2 0 3 上において、術者 2 0 1 の眼前に配置される。表示装置 1 2 0 a は、

裸眼式の3Dディスプレイであり、術者201は眼鏡型ウェアラブルデバイス152等の別途の装置を装着することなく、表示装置120aにおいて立体的に術部を観察することが可能である。

[0118] また、この表示装置120aの配置位置に伴い、本変形例では、動作認識用カメラ154も、比較的術者201から近距離に配置される。従って、制御装置140aは、動作認識用カメラ154による撮像画像に基づいて、術者201の視線を検出することができる。また、動作認識用カメラ154と術者201との距離が近いため、マーカ155がなくても、制御装置140aは、動作認識用カメラ154による撮像画像に基づいて、術者201のヘッドトラックを正確に認識することが可能である。

[0119] 制御装置140aの構成及び機能において、上記の術者201の視線の認識方法及びヘッドトラックの認識方法以外の事項は、図2に示す制御装置140と同様であるため、その説明を省略する。

[0120] 以上、本実施形態の一変形例に係る手術システム10aの概略構成について説明した。

[0121] (4. 観察装置の構成例)

以上説明した観察装置110の具体的な一構成例について説明する。図8は、本実施形態に係る観察装置110の一構成例を示す外観図である。なお、図1及び図7に示す概略図では、観察装置110は、患者ベッド203にアーム部112の基端が接続されていたが、図8では、後述する床面と接地するベース部5315を備え、当該ベース部5315にアーム部112の基端が接続される構成例を図示している。また、図8では、一例として、顕微鏡部111の動きに関して6自由度を有するアーム部112を有する観察装置110の構成を示している。ただし、上述したように、観察装置110のアーム部112は、冗長自由度を有するように構成されてもよい。

[0122] 図8を参照すると、観察装置110は、観察対象（患者205の術部）を拡大観察するための顕微鏡部111と、顕微鏡部111を先端で支持するアーム部112と、アーム部112の基端を支持するベース部5315と、観

察装置 110 の動作を統合的に制御する制御装置 5317 と、を有する。

- [0123] 顕微鏡部 111 は、略円筒形状の筒状部 5305 と、当該筒状部 5305 の内部に設けられる撮像部（図示せず）と、筒状部 5305 の外周の一部領域に設けられる操作部 5307 と、から構成される。
- [0124] 筒状部 5305 の下端の開口面には、内部の撮像部を保護するカバーガラスが設けられる。観察光は、当該カバーガラスを通過して、筒状部 5305 の内部の撮像部に入射する。なお、筒状部 5305 の内部には例えば LED (Light Emitting Diode) 等からなる光源が設けられてもよく、撮像時には、当該カバーガラスを介して、当該光源から観察対象に対して光が照射されてもよい。
- [0125] 撮像部は、観察光を集光する光学系と、当該光学系が集光した観察光を受光する撮像素子と、から構成される。当該光学系は、フォーカスレンズ及びズームレンズを含む複数のレンズが組み合わされて構成され、その光学特性は、観察光を撮像素子の受光面上に結像するように調整されている。当該撮像素子は、観察光を受光して光電変換することにより、観察像に対応した画像信号を生成する。当該撮像素子としては、例えば Bayer 配列を有するカラー撮影可能なものが用いられる。当該撮像素子は、CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) イメージセンサ又は CCD (Charge Coupled Device) イメージセンサ等、各種の公知の撮像素子であってよい。撮像素子によって生成された画像信号は、RAW データとして制御装置 5317 に送信される。ここで、この画像信号の送信は、好適に光通信によって行われてもよい。手術現場では、術者が撮像画像によって患部の状態を観察しながら手術を行うため、より安全で確実な手術のためには、術部の動画像が可能な限りリアルタイムに表示されることが求められるからである。光通信で画像信号が送信されることにより、低レイテンシで撮像画像を表示することが可能となる。
- [0126] なお、撮像部は、その光学系のフォーカスレンズ及びズームレンズを光軸に沿って移動させる駆動機構を有し得る。当該駆動機構によってズームレン

ズ及びフォーカスレンズが適宜移動されることにより、撮像時の焦点距離及び撮像画像の拡大倍率が調整され得る。また、撮像部には、A E (Auto Exposure) 機能やA F (Auto Focus) 機能等、一般的に電子撮像式の顕微鏡部に備えられ得る各種の機能が搭載されてもよい。

[0127] また、撮像部は、立体視（3D表示）に対応する右目用及び左目用の画像信号をそれぞれ取得するための1対の撮像素子を有するように構成される。3D表示が行われることにより、術者は術部における生体組織の奥行きをより正確に把握することが可能になる。なお、当該撮像部が多板式で構成される場合には、各撮像素子に対応して、光学系も複数系統が設けられ得る。ただし、本実施形態はかかる例に限定されず、撮像部は、1つの撮像素子を有するいわゆる単板式の撮像部として構成されてもよいし、1対以上の複数の撮像素子を有するいわゆる多板式の撮像部として構成されてもよい。撮像部が多板式で構成される場合には、例えば各撮像素子によってRGBそれぞれに対応する画像信号が生成され、それらが合成されることによりカラー画像が得られてもよい。

[0128] 操作部5307は、例えば十字レバー又はスイッチ等によって構成され、術者201の操作入力を受け付ける入力手段である。例えば、術者201は、操作部5307を介して、観察像の観察対象までの焦点距離及び拡大倍率を変更する旨の指示を入力することができる。当該指示に従って撮像部の駆動機構がズームレンズ及びフォーカスレンズを適宜移動させることにより、焦点距離及び拡大倍率が調整され得る。また、例えば、術者201は、アーム部112の動作モードが手動モードである場合に、操作部5307を介して、その動作モードを、後述するオールフリーモード及び固定モードのいずれかに、更に切り替える旨の指示を入力することができる。なお、手動モードにおいて術者201が顕微鏡部111を移動させようとする場合には、当該術者201は筒状部5305を握るように把持した状態で当該顕微鏡部111を移動させる様態が想定される。従って、操作部5307は、術者201が筒状部5305を移動させている間でも操作可能なように、術者201

が筒状部5305を握った状態で指によって容易に操作しやすい位置に設けられることが好ましい。

- [0129] アーム部112は、複数のリンク（第1リンク5313a～第6リンク5313f）が、複数の関節部（第1関節部5311a～第6関節部5311f）によって互いに回動可能に連結されることによって構成される。
- [0130] 第1関節部5311aは、略円柱形状を有し、その先端（下端）で、顕微鏡部111の筒状部5305の上端を、当該筒状部5305の中心軸と平行な回転軸（第1軸 O_1 ）まわりに回動可能に支持する。ここで、第1関節部5311aは、第1軸 O_1 が顕微鏡部111の撮像部の光軸と一致するように構成され得る。これにより、第1軸 O_1 まわりに顕微鏡部111を回動させることにより、撮像画像を回転させるように視野を変更することが可能になる。
- [0131] 第1リンク5313aは、先端で第1関節部5311aを固定的に支持する。具体的には、第1リンク5313aは略L字形状を有する棒状の部材であり、その先端側の一辺が第1軸 O_1 と直交する方向に延伸しつつ、当該一辺の端部が第1関節部5311aの外周の上端部に当接するように、第1関節部5311aに接続される。第1リンク5313aの略L字形状の基端側の他辺の端部に第2関節部5311bが接続される。
- [0132] 第2関節部5311bは、略円柱形状を有し、その先端で、第1リンク5313aの基端を、第1軸 O_1 と直交する回転軸（第2軸 O_2 ）まわりに回動可能に支持する。第2関節部5311bの基端には、第2リンク5313bの先端が固定的に接続される。
- [0133] 第2リンク5313bは、略L字形状を有する棒状の部材であり、その先端側の一辺が第2軸 O_2 と直交する方向に延伸しつつ、当該一辺の端部が第2関節部5311bの基端に固定的に接続される。第2リンク5313bの略L字形状の基端側の他辺には、第3関節部5311cが接続される。
- [0134] 第3関節部5311cは、略円柱形状を有し、その先端で、第2リンク5313bの基端を、第1軸 O_1 及び第2軸 O_2 と互いに直交する回転軸（第3軸 O_3 ）まわりに回動可能に支持する。第3関節部5311cの基端には、第

3リンク5313cの先端が固定的に接続される。第2軸 O_2 及び第3軸 O_3 まわりに顕微鏡部111を含む先端側の構成を回転させることにより、水平面内の顕微鏡部111の位置を変更するように、当該顕微鏡部111を移動させることができる。つまり、第2軸 O_2 及び第3軸 O_3 まわりの回転を制御することにより、撮像画像の視野を平面内で移動させることが可能になる。

[0135] 第3リンク5313cは、その先端側が略円柱形状を有するように構成されており、当該円柱形状の先端に、第3関節部5311cの基端が、両者が略同一の中心軸を有するように、固定的に接続される。第3リンク5313cの基端側は角柱形状を有し、その端部に第4関節部5311dが接続される。

[0136] 第4関節部5311dは、略円柱形状を有し、その先端で、第3リンク5313cの基端を、第3軸 O_3 と直交する回転軸（第4軸 O_4 ）まわりに回転可能に支持する。第4関節部5311dの基端には、第4リンク5313dの先端が固定的に接続される。

[0137] 第4リンク5313dは、略直線状に延伸する棒状の部材であり、第4軸 O_4 と直交するように延伸しつつ、その先端の端部が第4関節部5311dの略円柱形状の側面に当接するように、第4関節部5311dに固定的に接続される。第4リンク5313dの基端には、第5関節部5311eが接続される。

[0138] 第5関節部5311eは、略円柱形状を有し、その先端側で、第4リンク5313dの基端を、第4軸 O_4 と平行な回転軸（第5軸 O_5 ）まわりに回転可能に支持する。第5関節部5311eの基端には、第5リンク5313eの先端が固定的に接続される。第4軸 O_4 及び第5軸 O_5 は、顕微鏡部111を上下方向に移動させ得る回転軸である。第4軸 O_4 及び第5軸 O_5 まわりに顕微鏡部111を含む先端側の構成を回転させることにより、顕微鏡部111の高さ、すなわち顕微鏡部111と観察対象との距離を調整することができる。

- [0139] 第5リンク5313eは、一辺が鉛直方向に延伸するとともに他辺が水平方向に延伸する略L字形状を有する第1の部材と、当該第1の部材の水平方向に延伸する部位から鉛直下向きに延伸する棒状の第2の部材と、が組み合わされて構成される。第5リンク5313eの第1の部材の鉛直方向に延伸する部位の上端近傍に、第5関節部5311eの基端が固定的に接続される。第5リンク5313eの第2の部材の基端（下端）には、第6関節部5311fが接続される。
- [0140] 第6関節部5311fは、略円柱形状を有し、その先端側で、第5リンク5313eの基端を、鉛直方向と平行な回転軸（第6軸 O_6 ）まわりに回転可能に支持する。第6関節部5311fの基端には、第6リンク5313fの先端が固定的に接続される。
- [0141] 第6リンク5313fは鉛直方向に延伸する棒状の部材であり、その基端はベース部5315の上面に固定的に接続される。
- [0142] 第1関節部5311a～第6関節部5311fの回転可能範囲は、顕微鏡部111が所望の動きを可能であるように適宜設定されている。これにより、以上説明した構成を有するアーム部112においては、顕微鏡部111の動きに関して、並進3自由度及び回転3自由度の計6自由度の動きが実現され得る。このように、顕微鏡部111の動きに関して6自由度が実現されるようにアーム部112を構成することにより、アーム部112の可動範囲内において顕微鏡部111の位置及び姿勢を自由に制御することが可能になる。従って、あらゆる角度から術部を観察することが可能となり、手術をより円滑に実行することができる。
- [0143] なお、図示するアーム部112の構成はあくまで一例であり、アーム部112を構成するリンクの数及び形状（長さ）、並びに関節部の数、配置位置及び回転軸の方向等は、所望の自由度が実現され得るように適宜設計されてよい。例えば、上述したように、顕微鏡部111を自由に動かすためには、アーム部112は6自由度を有するように構成されることが好ましいが、アーム部112はより大きな自由度（すなわち、冗長自由度）を有するように

構成されてもよい。冗長自由度が存在する場合には、アーム部 1 1 2 においては、顕微鏡部 1 1 1 の位置及び姿勢が固定された状態で、アーム部 1 1 2 の姿勢を変更することが可能となる。従って、上述した侵入注意領域に顕微鏡部 1 1 1 及びアーム部 1 1 2 が侵入した場合のように、顕微鏡部 1 1 1 及びアーム部 1 1 2 ができるだけ侵入注意領域に侵入しないように当該アーム部 1 1 2 の姿勢を制御する等、術者にとってより利便性の高い制御が実現され得る。

[0144] ここで、第 1 関節部 5 3 1 1 a ~ 第 6 関節部 5 3 1 1 f には、モータ等の駆動機構、及び各関節部における回転角度を検出するエンコーダ等が搭載されたアクチュエータが設けられ得る。そして、第 1 関節部 5 3 1 1 a ~ 第 6 関節部 5 3 1 1 f に設けられる各アクチュエータの駆動が制御装置 5 3 1 7 によって適宜制御されることにより、アーム部 1 1 2 の姿勢、すなわち顕微鏡部 1 1 1 の位置及び姿勢が制御され得る。具体的には、制御装置 5 3 1 7 は、エンコーダによって検出された各関節部の回転角度についての情報に基づいて、アーム部 1 1 2 の現在の状態を把握することができる。制御装置 5 3 1 7 は、把握したアーム部 1 1 2 の現在の状態に基づいて、術者 2 0 1 による操作に応じた顕微鏡部 1 1 1 の移動を実現するような各関節部に対する制御値を算出し、当該制御値に応じて各関節部の駆動機構を駆動させる。

[0145] 上述したように、例えば、アーム部 1 1 2 の動作モードが手動モードである場合には、制御装置 5 3 1 7 によって、力制御により、術者 2 0 1 による直接的な操作に応じてアーム部 1 1 2 の駆動が適宜制御され、顕微鏡部 1 1 1 の位置及び姿勢が制御される。また、例えば、アーム部 1 1 2 の動作モードがハンズフリーモードである場合には、制御装置 5 3 1 7 によって、位置制御により、術者 2 0 1 によるハンズフリー操作に応じてアーム部 1 1 2 の駆動が適宜制御され、顕微鏡部 1 1 1 の位置及び姿勢が制御される。

[0146] また、アーム部 1 1 2 は、ピボット動作をするようにその駆動が制御されてもよい。ここで、ピボット動作とは、顕微鏡部 1 1 1 の光軸が空間上の所定の点（以下、ピボット点とも呼称する）を常に向くように、顕微鏡部 1 1

1を移動させる動作である。ピボット動作によれば、同一の観察位置を様々な方向から観察することが可能となるため、より詳細な患部の観察が可能となる。

[0147] また、第1関節部5311a～第6関節部5311fには、その回転を拘束するブレーキが設けられ得る。当該ブレーキの動作は、制御装置5317によって制御され得る。例えば、顕微鏡部111の位置及び姿勢を固定したい場合には、制御装置5317は各関節部のブレーキを作動させる。これにより、アクチュエータを駆動させなくてもアーム部112の姿勢、すなわち顕微鏡部111の位置及び姿勢が固定され得るため、消費電力を低減することができる。顕微鏡部111の位置及び姿勢を移動したい場合には、制御装置5317は、各関節部のブレーキを解除し、術者201の操作に応じてアクチュエータを適宜駆動させればよい。

[0148] このようなブレーキの動作は、上述した操作部5307を介した術者201による操作に応じて行われ得る。術者201は、顕微鏡部111の位置及び姿勢を移動したい場合には、操作部5307を操作し、各関節部のブレーキを解除させる。これにより、アーム部112の動作モードが、各関節部における回転を自由に行えるモード（オールフリーモード）に移行する。また、術者201は、顕微鏡部111の位置及び姿勢を固定したい場合には、操作部5307を操作し、各関節部のブレーキを作動させる。これにより、アーム部112の動作モードが、各関節部における回転が拘束されたモード（固定モード）に移行する。

[0149] 制御装置5317は、観察装置110の動作を制御する。例えば、制御装置5317は、術者201の操作に応じて第1関節部5311a～第6関節部5311fのアクチュエータを動作させることにより、アーム部112の駆動を制御する。また、例えば、制御装置5317は、第1関節部5311a～第6関節部5311fのブレーキの動作を制御することにより、アーム部112の動作モードをオールフリーモードと固定モードとの間で変更する。また、例えば、制御装置5317は、観察装置110の顕微鏡部111の

撮像部における撮影条件（焦点距離及び拡大倍率）を調整させる。また、例えば、制御装置5317は、観察装置110の顕微鏡部111の撮像部によって取得された画像信号に各種の信号処理を施すとともに、当該画像データに基づいて、術部画像を表示装置120（図8では図示せず）に表示させる。

[0150] なお、制御装置5317と顕微鏡部111との通信、及び制御装置5317と第1関節部5311a～第6関節部5311fとの通信は、有線通信であってもよいし無線通信であってもよい。有線通信の場合には、電気信号による通信が行われてもよいし、光通信が行われてもよい。この場合、有線通信に用いられる伝送用のケーブルは、その通信方式に応じて電気信号ケーブル、光ファイバ、又はこれらの複合ケーブルとして構成され得る。一方、無線通信の場合には、手術室内に伝送ケーブルを敷設する必要がなくなるため、当該伝送ケーブルによって医療スタッフの手術室内の移動が妨げられる事態が解消され得る。

[0151] 制御装置5317は、CPU、GPU等のプロセッサ、又はプロセッサとメモリ等の記憶素子が混載された制御基板等であり得る。制御装置5317のプロセッサが所定のプログラムに従って動作することにより、上述した各種の機能が実現され得る。なお、図示する例では、制御装置5317は、観察装置110と別個の装置として設けられているが、制御装置5317は、観察装置110のベース部5315の内部に設置され、観察装置110と一体的に構成されてもよい。あるいは、制御装置5317は、複数の装置によって構成されてもよい。例えば、顕微鏡部111や、アーム部112の第1関節部5311a～第6関節部5311fにそれぞれ制御基板等が設けられ、これらが互いに通信可能に接続されることにより、制御装置5317と同様の機能が実現されてもよい。

[0152] ここで、制御装置5317は、上述した手術システム10、10aの制御装置140と同一のものであり得る。つまり、制御装置5317は、制御装置140と同様の機能を有し、観察装置110の動作を制御するとともに、

手術システム 10、10a の動作を統合的に制御してもよい。

[0153] 以上、本実施形態に係る観察装置 110 の具体的な一構成例について説明した。

[0154] (5. 補足)

以上、添付図面を参照しながら本開示の好適な実施形態について詳細に説明したが、本開示の技術的範囲はかかる例に限定されない。本開示の技術分野における通常の知識を有する者であれば、特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、これらについても、当然に本開示の技術的範囲に属するものと了解される。

[0155] 例えば、上記実施形態では、術者がハンズフリー操作によってアーム部を操作する際に侵入抑制アクションが行われていたが、本開示に係る技術はかかる例に限定されない。例えば、本開示に係る技術は、マスタースレイブ方式でアーム部が操作される手術システムに対して適用されてもよい。マスタースレイブ方式では、術者がアーム部を遠隔操作するため、ハンズフリー操作時と同様に、術者はアーム部の動きを直接見ることなく、当該アーム部を操作することとなる。従って、本開示に係る技術を適用することにより、同様の効果を得ることができる。このように、本開示に係る技術は、術者がアーム部に非接触な状態で当該アーム部を操作する様態の手術システムに対して、好適に適用され得る。

[0156] また、例えば、上記実施形態では、侵入抑制アクションとして、侵入適否領域への侵入を回避するようなアーム部の動作、及び警告の出力が行われていたが、本開示に係る技術はかかる例に限定されない。本開示に係る技術では、侵入抑制アクションは、アーム部の侵入適否領域への侵入を抑制し得るアクションであればよく、その種類は限定されない。例えば、侵入抑制アクションとして、侵入適否領域への侵入を回避するようなアーム部の動作、及び警告の出力のうちいずれか一方のみが行われてもよい。あるいは、侵入抑制アクションとして、上記警告以外にも、術者に対してアーム部の侵入適

否領域への侵入を喚起する種々のアクションが行われてもよい。アーム部の侵入適否領域への侵入を喚起するアクションとしては、例えば、アーム部が侵入適否領域に近付くにつれて、徐々に当該アーム部の動作速度を遅くする等のアクションが考えられる。アーム部の動作速度が遅くなれば、顕微鏡部 111 の動作速度も遅くなるため、術者が見ている術部画像における視野移動の速度も低下する。術者は、この術部画像における視野移動の速度が遅くなったことによって、アーム部が侵入適否領域に近付いていることを認識することができる。その他、侵入抑制アクションとしては、一般的に支持アーム装置の操作において操作者に対して何らかの注意喚起を行う際に、当該操作者へのフィードバックとして用いられている、あらゆるアクションが採用されてよい。

[0157] また、本明細書に記載された効果は、あくまで説明的又は例示的なものであって限定的ではない。つまり、本開示に係る技術は、上記の効果とともに、又は上記の効果に代えて、本明細書の記載から当業者には明らかな他の効果を奏し得る。

[0158] なお、以下のような構成も本開示の技術的範囲に属する。

(1)

医療用器具を支持するアーム部の駆動を制御する駆動制御部と、
前記医療用器具又は前記アーム部の周囲の様子を示す周囲画像に基づいて、前記医療用器具又は前記アーム部の侵入の適否が判断される侵入適否領域を空間上に設定する領域設定部と、

ユーザによる前記アーム部に対する非接触の操作に応じて前記駆動制御部によって前記アーム部の駆動が制御される際に、前記侵入適否領域に対する前記医療用器具又は前記アーム部の侵入の有無を判定する侵入判定部と、

前記侵入判定部による判定結果に応じて、前記医療用器具又は前記アーム部の前記侵入適否領域への侵入を抑制するための侵入抑制アクションを実行させるアクション指示部と、

を備える、

制御装置。

(2)

前記侵入抑制アクションは、前記侵入適否領域への侵入を回避するような前記アーム部の動作、及び警告の出力の少なくともいずれかである、

前記(1)に記載の制御装置。

(3)

前記侵入適否領域は、前記アーム部の可動範囲内において前記医療用器具又は前記アーム部が侵入することが禁止される領域である侵入禁止領域、前記アーム部の可動範囲内において前記医療用器具又は前記アーム部が部分的に侵入することが許可される領域である侵入注意領域、並びに前記アーム部の可動範囲内において前記医療用器具又は前記アーム部が侵入することが許可される領域である侵入許可領域、の少なくともいずれかを含む、

前記(1)又は(2)に記載の制御装置。

(4)

前記周囲画像は、手術室内の様子を含み、

前記侵入禁止領域は、患者、及び患者ベッドの周囲の手術機器の少なくともいずれかが存在する領域を含む、

前記(3)に記載の制御装置。

(5)

前記周囲画像は、手術室内の様子を含み、

前記侵入注意領域は、前記手術室内に懸架されたケーブル、及び前記手術室内に懸架された布の少なくともいずれかが存在する領域を含む、

前記(3)に記載の制御装置。

(6)

前記周囲画像は、手術室内の様子を含み、

前記侵入許可領域は、医療スタッフが存在する領域を含む、

前記(3)に記載の制御装置。

(7)

前記侵入判定部が、前記医療用器具又は前記アーム部が前記侵入禁止領域に侵入したと判定した場合には、前記アクション指示部は、前記アーム部の動作を停止させる旨の指示、及び警告を出力させる旨の指示を発行する、

前記（３）～（６）のいずれか１項に記載の制御装置。

（８）

前記アーム部は、前記医療用器具の動きに関して冗長自由度を有するように構成され、

前記侵入判定部が、前記医療用器具又は前記アーム部が前記侵入注意領域に侵入したと判定した場合には、前記アクション指示部は、前記医療用器具の位置及び姿勢を維持したまま前記アーム部が前記侵入注意領域に侵入しないように前記アーム部を動作させる旨の指示、及び警告を出力させる旨の指示を発行する、

前記（３）～（７）のいずれか１項に記載の制御装置。

（９）

前記侵入判定部が、前記医療用器具又は前記アーム部が前記侵入許可領域に侵入したと判定した場合には、前記アクション指示部は、警告を出力させる旨の指示を発行する、

前記（３）～（８）のいずれか１項に記載の制御装置。

（１０）

前記ユーザによる前記アーム部に対する非接触の操作は、前記ユーザが手を用いずに前記アーム部を操作するハンズフリー操作を含み、

前記ハンズフリー操作は、音声、視線、ヘッドトラック、ジェスチャ、及びフットスイッチの少なくともいずれかを介した操作を含む、

前記（１）～（９）のいずれか１項に記載の制御装置。

（１１）

前記ユーザによる前記アーム部に対する非接触の操作は、マスタースレイブ方式による前記アーム部の操作を含む、

前記（１）～（９）のいずれか１項に記載の制御装置。

(12)

前記医療用器具は、観察対象を拡大して撮影する電子撮像式の顕微鏡部である、

前記(1)～(11)のいずれか1項に記載の制御装置。

(13)

プロセッサが、医療用器具又は前記医療用器具を支持するアーム部の周囲の様子を示す周囲画像に基づいて、前記医療用器具又は前記アーム部の侵入の適否が判断される侵入適否領域を空間上に設定することと、

ユーザによる前記アーム部に対する非接触の操作に応じて前記アーム部の駆動を制御する際に、前記侵入適否領域に対する前記医療用器具又は前記アーム部の侵入の有無を判定することと、

前記侵入適否領域に対する前記医療用器具又は前記アーム部の侵入の有無の判定結果に応じて、前記医療用器具又は前記アーム部の前記侵入適否領域への侵入を抑制するための侵入抑制アクションを実行させることと、

を含む、

制御方法。

(14)

アーム部によって支持され、術部を拡大して撮影する顕微鏡部と、
前記顕微鏡部によって撮影された前記術部の画像を表示する表示装置と、
前記顕微鏡部又は前記アーム部の周囲の様子を示す周囲画像を撮影する周囲画像取得用カメラと、

前記アーム部の駆動を制御する駆動制御部と、

前記周囲画像取得用カメラによって撮影された前記周囲画像に基づいて、前記顕微鏡部又は前記アーム部の侵入の適否が判断される侵入適否領域を空間上に設定する領域設定部と、

ユーザによる前記アーム部に対する非接触の操作に応じて前記駆動制御部によって前記アーム部の駆動が制御される際に、前記侵入適否領域に対する前記顕微鏡部又は前記アーム部の侵入の有無を判定する侵入判定部と、

前記侵入判定部による判定結果に応じて、前記顕微鏡部又は前記アーム部の前記侵入適否領域への侵入を抑制するための侵入抑制アクションを実行させるアクション指示部と、

を備える、

手術システム。

符号の説明

- [0159] 10、10a 手術システム
- 110 観察装置
- 120、120a 表示装置
- 130 周囲画像取得用カメラ
- 140、140a 制御装置
- 141 画像処理部
- 142 領域設定部
- 143 動作モード設定部
- 144 侵入判定部
- 145 アクション指示部
- 146 駆動制御部
- 147 警告制御部
- 150 ハンズフリー入力装置
- 151 マイクロフォン
- 152 眼鏡型ウェアラブルデバイス
- 153 フットスイッチ
- 154 動作認識用カメラ
- 155 マーカ
- 160 操作認識部
- 161 音声認識部
- 162 視線認識部
- 163 ヘッドトラック認識部

- 1 6 4 ジェスチャ認識部
- 1 6 5 フットスイッチ操作認識部
- 1 7 0 手動入力装置
- 1 8 0 警告出力部

請求の範囲

- [請求項1] 医療用器具を支持するアーム部の駆動を制御する駆動制御部と、
前記医療用器具又は前記アーム部の周囲の様子を示す周囲画像に基づいて、前記医療用器具又は前記アーム部の侵入の適否が判断される侵入適否領域を空間上に設定する領域設定部と、
ユーザによる前記アーム部に対する非接触の操作に応じて前記駆動制御部によって前記アーム部の駆動が制御される際に、前記侵入適否領域に対する前記医療用器具又は前記アーム部の侵入の有無を判定する侵入判定部と、
前記侵入判定部による判定結果に応じて、前記医療用器具又は前記アーム部の前記侵入適否領域への侵入を抑制するための侵入抑制アクションを実行させるアクション指示部と、
を備える、
制御装置。
- [請求項2] 前記侵入抑制アクションは、前記侵入適否領域への侵入を回避するような前記アーム部の動作、及び警告の出力の少なくともいずれかである、
請求項1に記載の制御装置。
- [請求項3] 前記侵入適否領域は、前記アーム部の可動範囲内において前記医療用器具又は前記アーム部が侵入することが禁止される領域である侵入禁止領域、前記アーム部の可動範囲内において前記医療用器具又は前記アーム部が部分的に侵入することが許可される領域である侵入注意領域、並びに前記アーム部の可動範囲内において前記医療用器具又は前記アーム部が侵入することが許可される領域である侵入許可領域、の少なくともいずれかを含む、
請求項1に記載の制御装置。
- [請求項4] 前記周囲画像は、手術室内の様子を含み、
前記侵入禁止領域は、患者、及び患者ベッドの周囲の手術機器の少

なくともいずれかが存在する領域を含む、

請求項3に記載の制御装置。

[請求項5]

前記周囲画像は、手術室内の様子を含み、

前記侵入注意領域は、前記手術室内に懸架されたケーブル、及び前記手術室内に懸架された布の少なくともいずれかが存在する領域を含む、

請求項3に記載の制御装置。

[請求項6]

前記周囲画像は、手術室内の様子を含み、

前記侵入許可領域は、医療スタッフが存在する領域を含む、

請求項3に記載の制御装置。

[請求項7]

前記侵入判定部が、前記医療用器具又は前記アーム部が前記侵入禁止領域に侵入したと判定した場合には、前記アクション指示部は、前記アーム部の動作を停止させる旨の指示、及び警告を出力させる旨の指示を発行する、

請求項3に記載の制御装置。

[請求項8]

前記アーム部は、前記医療用器具の動きに関して冗長自由度を有するように構成され、

前記侵入判定部が、前記医療用器具又は前記アーム部が前記侵入注意領域に侵入したと判定した場合には、前記アクション指示部は、前記医療用器具の位置及び姿勢を維持したまま前記アーム部が前記侵入注意領域に侵入しないように前記アーム部を動作させる旨の指示、及び警告を出力させる旨の指示を発行する、

請求項3に記載の制御装置。

[請求項9]

前記侵入判定部が、前記医療用器具又は前記アーム部が前記侵入許可領域に侵入したと判定した場合には、前記アクション指示部は、警告を出力させる旨の指示を発行する、

請求項3に記載の制御装置。

[請求項10]

前記ユーザによる前記アーム部に対する非接触の操作は、前記ユー

ザが手を用いずに前記アーム部を操作するハンズフリー操作を含み、
前記ハンズフリー操作は、音声、視線、ヘッドトラック、ジェスチャ、及びフットスイッチの少なくともいずれかを介した操作を含む、
請求項 1 に記載の制御装置。

[請求項11] 前記ユーザによる前記アーム部に対する非接触の操作は、マスター
スレイブ方式による前記アーム部の操作を含む、
請求項 1 に記載の制御装置。

[請求項12] 前記医療用器具は、観察対象を拡大して撮影する電子撮像式の顕微
鏡部である、
請求項 1 に記載の制御装置。

[請求項13] プロセッサが、医療用器具又は前記医療用器具を支持するアーム部
の周囲の様子を示す周囲画像に基づいて、前記医療用器具又は前記ア
ーム部の侵入の適否が判断される侵入適否領域を空間上に設定するこ
とと、

ユーザによる前記アーム部に対する非接触の操作に応じて前記ア
ーム部の駆動を制御する際に、前記侵入適否領域に対する前記医療用器
具又は前記アーム部の侵入の有無を判定することと、

前記侵入適否領域に対する前記医療用器具又は前記アーム部の侵入
の有無の判定結果に応じて、前記医療用器具又は前記アーム部の前記
侵入適否領域への侵入を抑制するための侵入抑制アクションを実行さ
せることと、

を含む、

制御方法。

[請求項14] アーム部によって支持され、術部を拡大して撮影する顕微鏡部と、
前記顕微鏡部によって撮影された前記術部の画像を表示する表示装
置と、

前記顕微鏡部又は前記アーム部の周囲の様子を示す周囲画像を撮影
する周囲画像取得用カメラと、

前記アーム部の駆動を制御する駆動制御部と、

前記周囲画像取得用カメラによって撮影された前記周囲画像に基づいて、前記顕微鏡部又は前記アーム部の侵入の適否が判断される侵入適否領域を空間上に設定する領域設定部と、

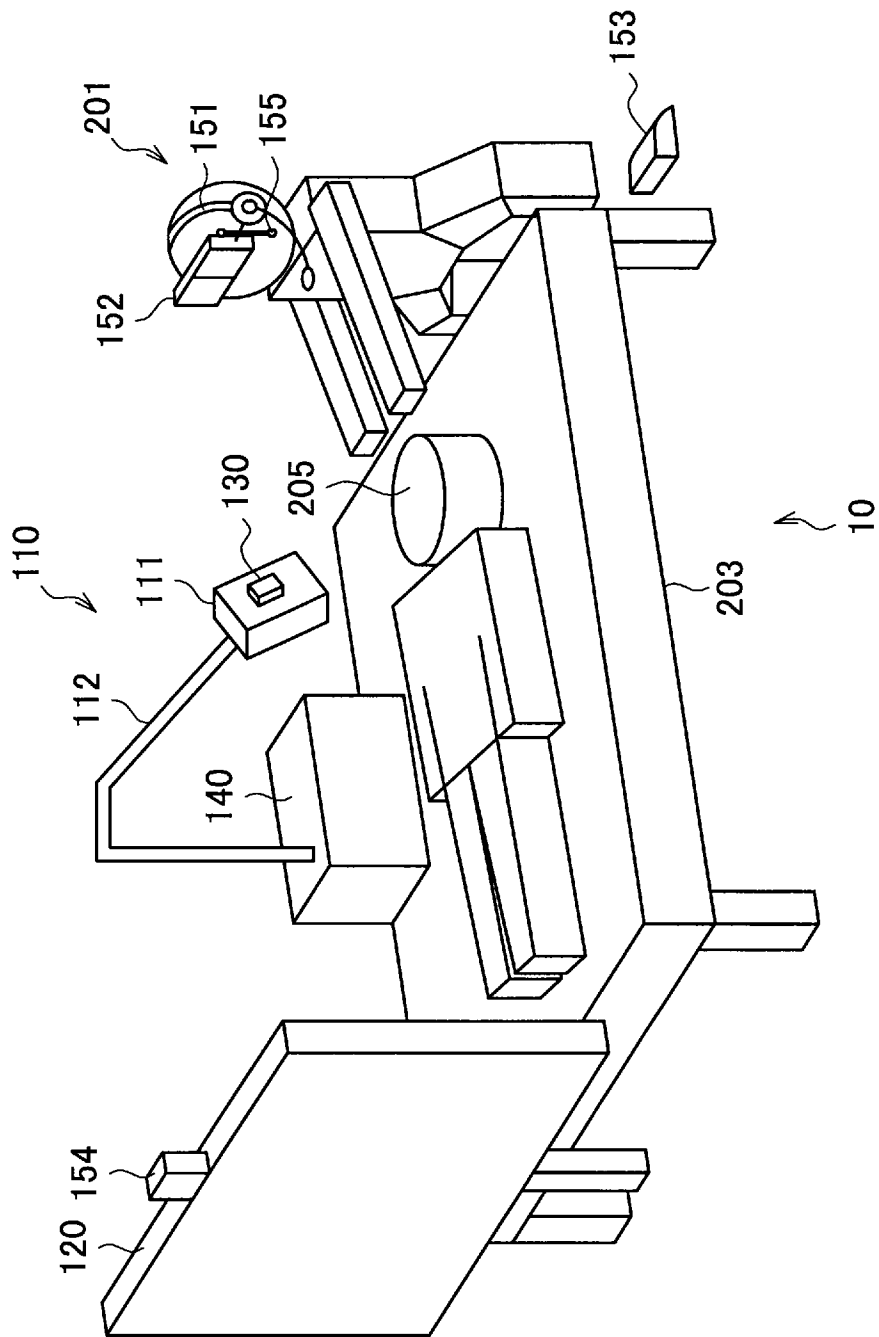
ユーザによる前記アーム部に対する非接触の操作に応じて前記駆動制御部によって前記アーム部の駆動が制御される際に、前記侵入適否領域に対する前記顕微鏡部又は前記アーム部の侵入の有無を判定する侵入判定部と、

前記侵入判定部による判定結果に応じて、前記顕微鏡部又は前記アーム部の前記侵入適否領域への侵入を抑制するための侵入抑制アクションを実行させるアクション指示部と、

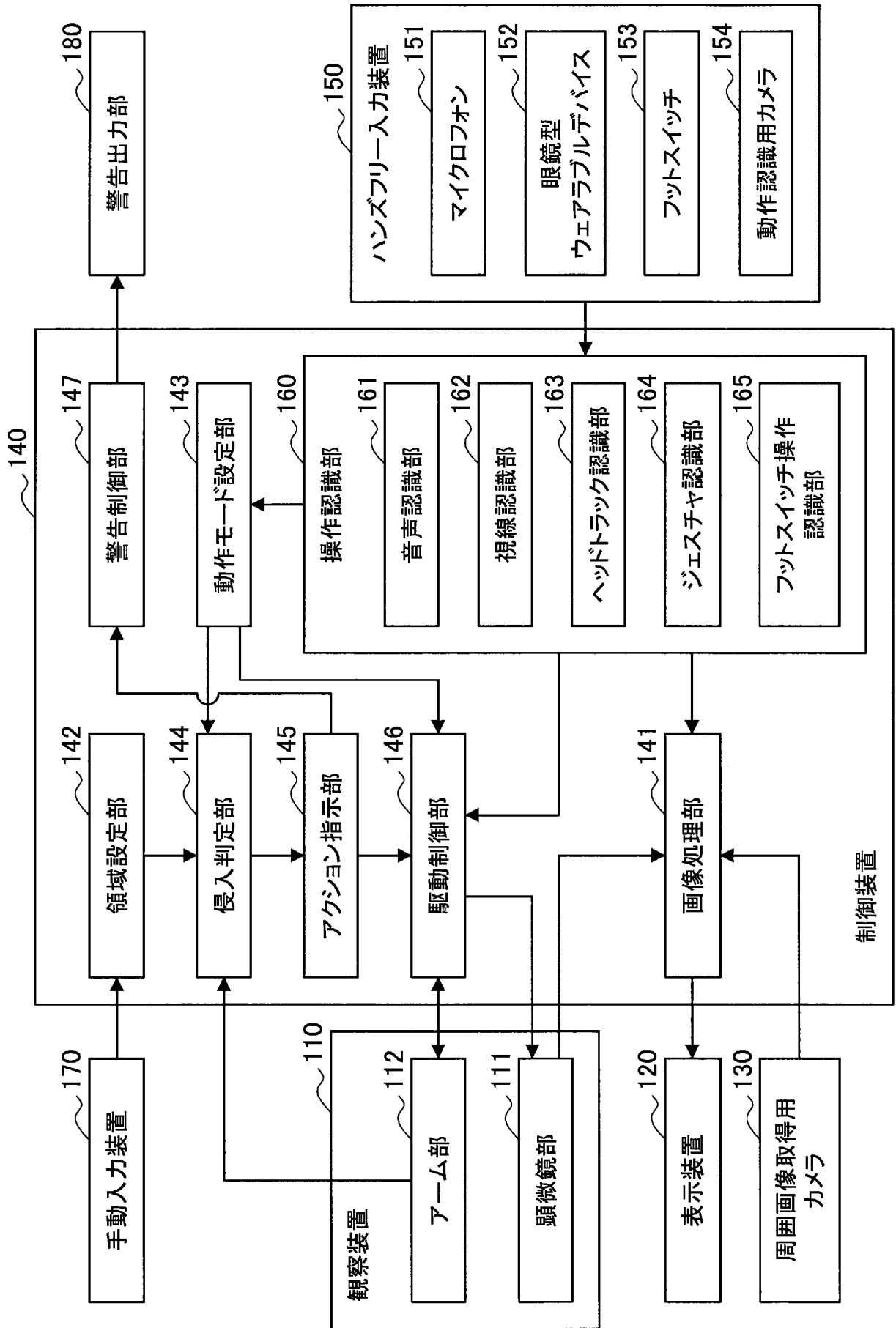
を備える、

手術システム。

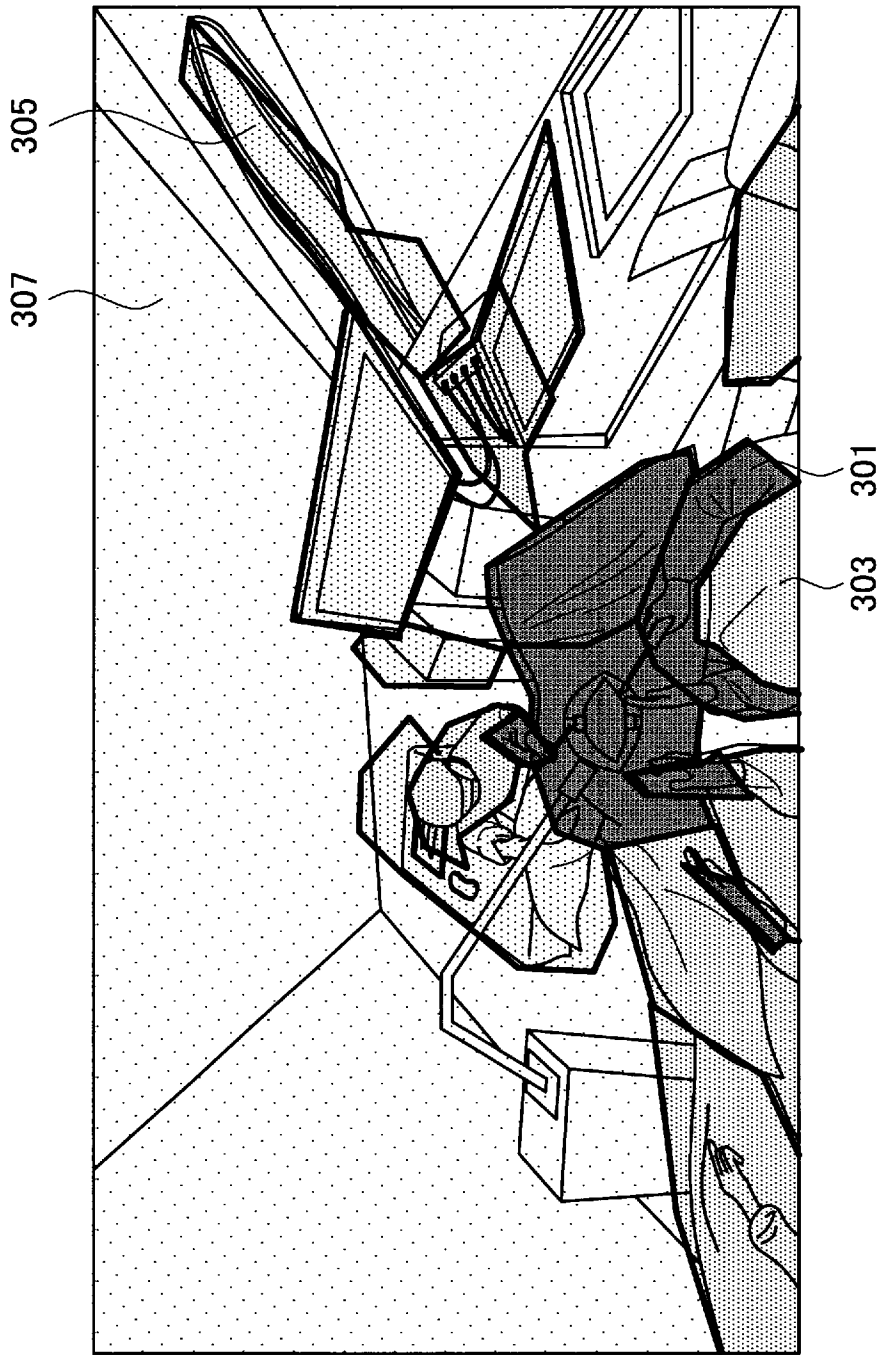
[図1]



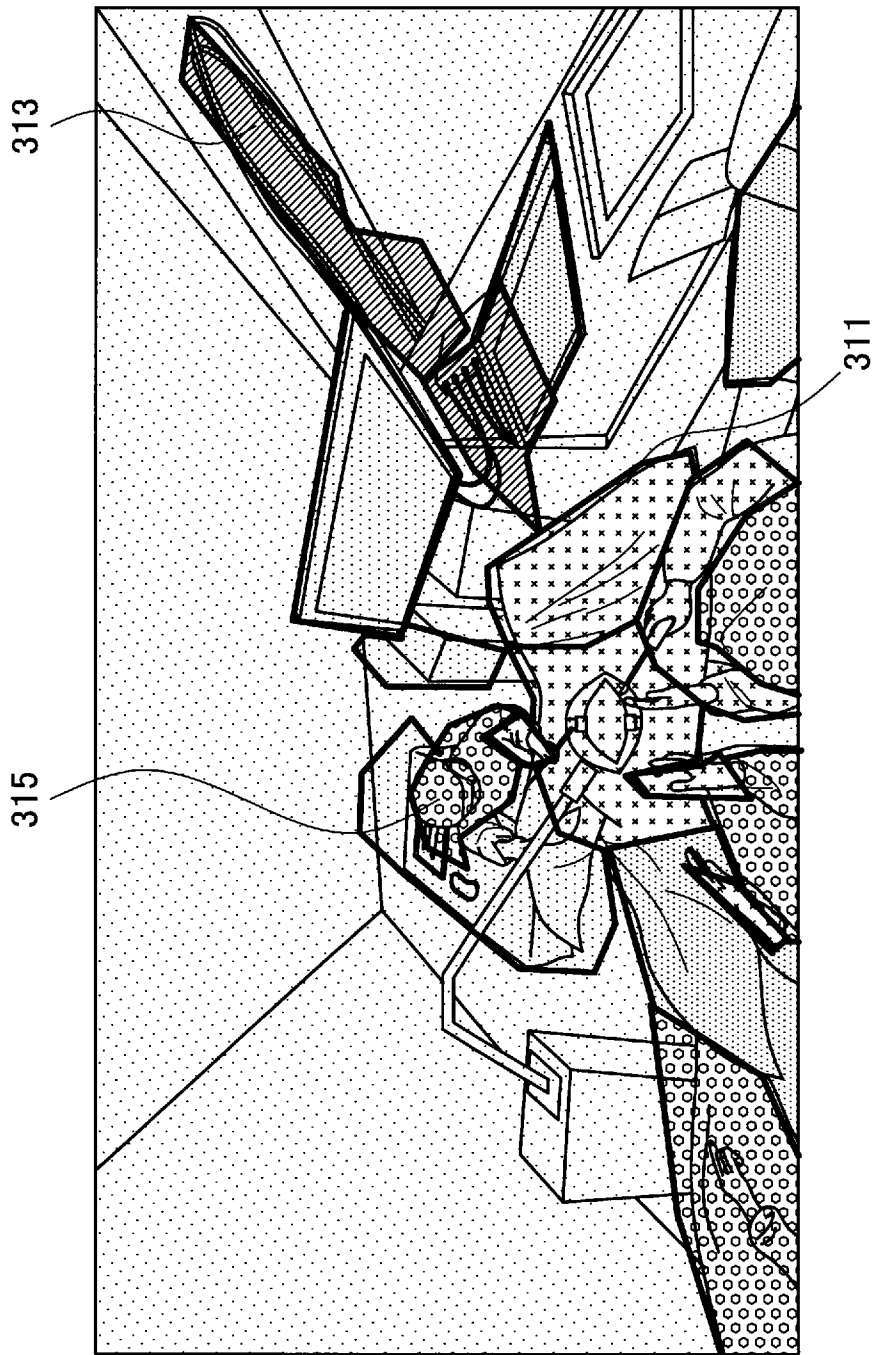
[図2]



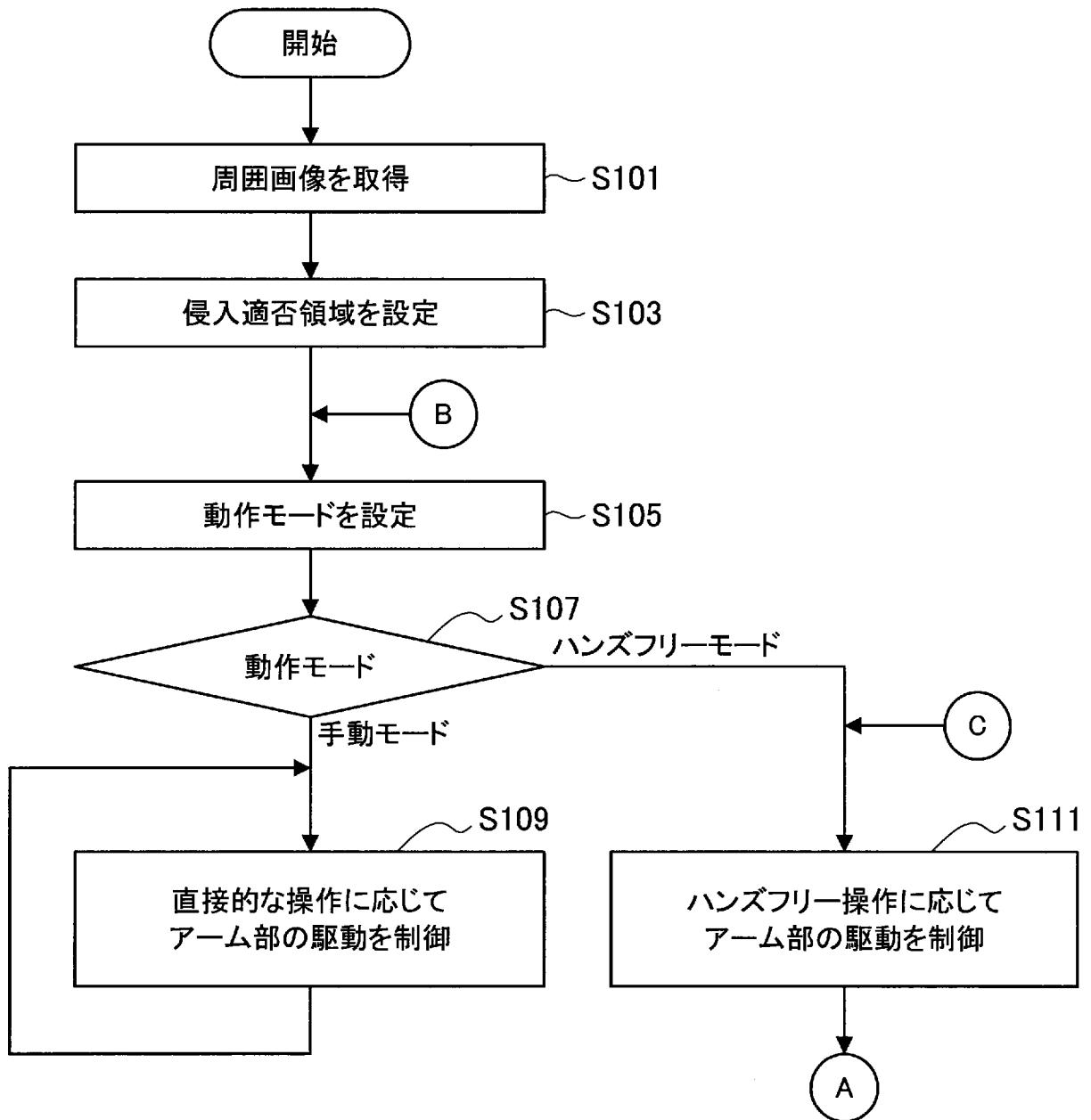
[図4]



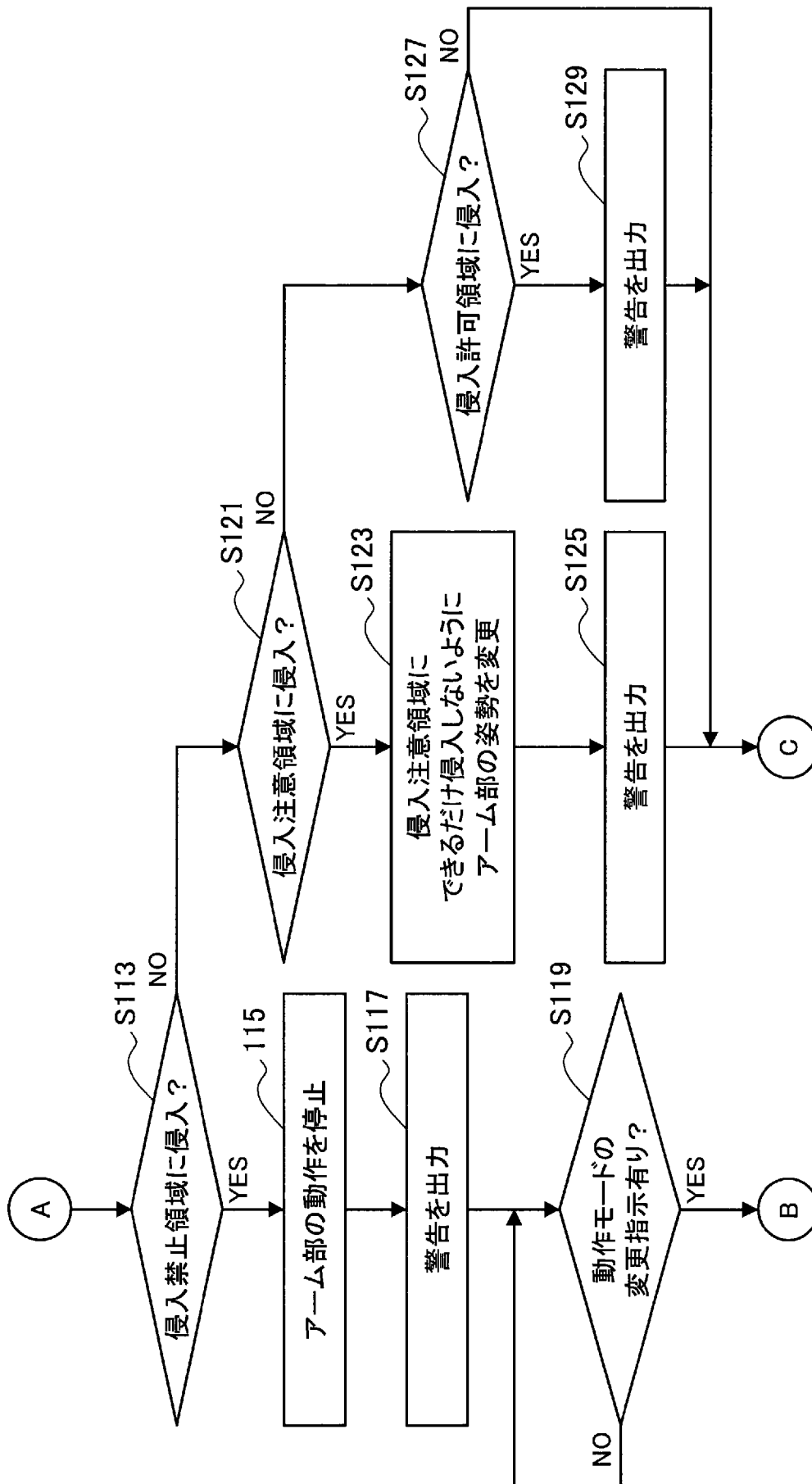
[図5]



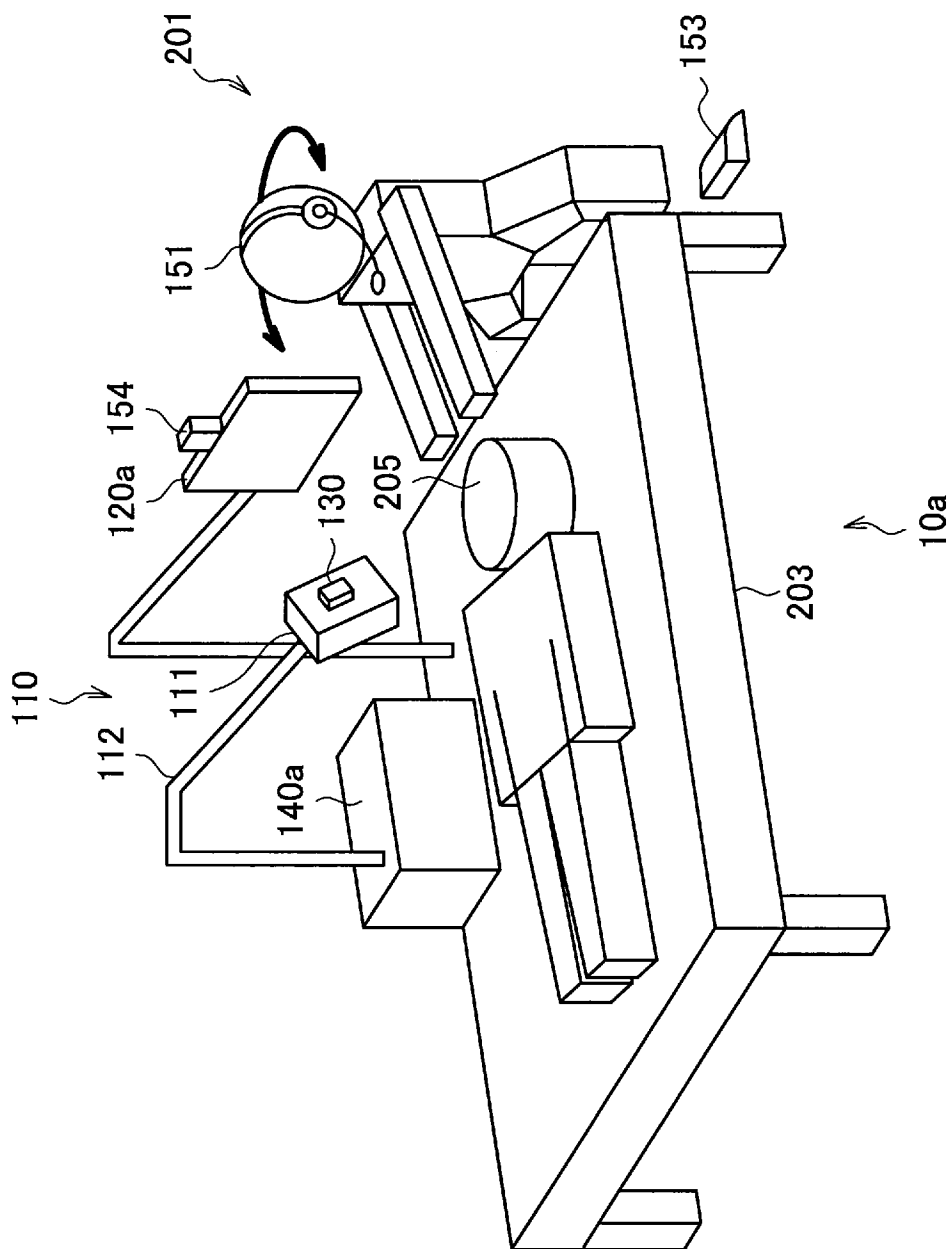
[図6A]



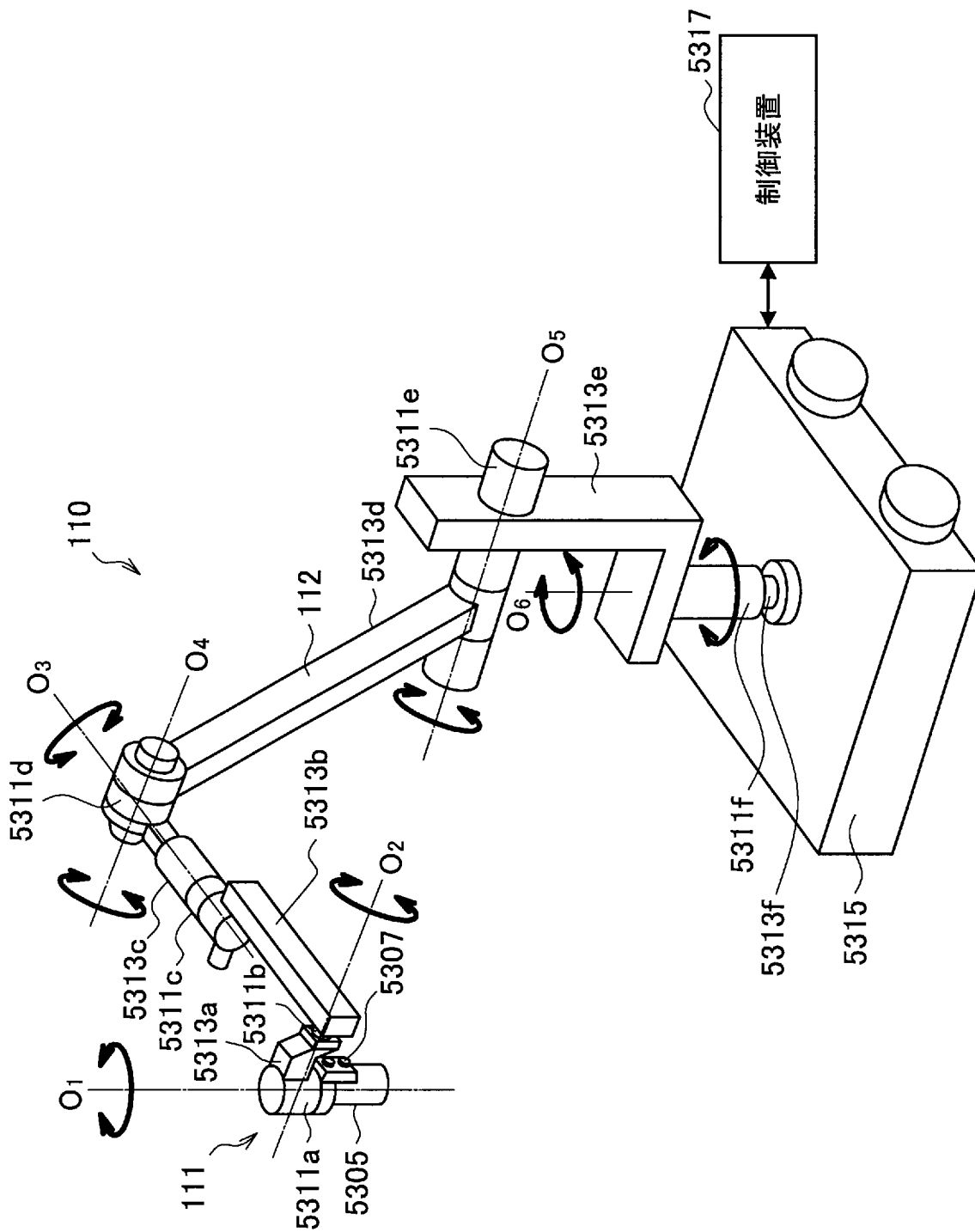
[図6B]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/008830

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
A61B34/35(2016.01)i, A61B90/25(2016.01)i, B25J3/00(2006.01)i, B25J19/06(2006.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
A61B34/35, A61B90/25, B25J3/00, B25J19/06

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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.
Y	WO 2015/129473 A1 (Sony Corp.), 03 September 2015 (03.09.2015), paragraphs [0209] to [0222], [0229] to [0230], [0252], [0277] to [0278], [0283], [0298]; fig. 6, 14 & US 2017/0066131 A1 paragraphs [0231] to [0244], [0251] to [0252], [0274], [0299] to [0300], [0305], [0320]; fig. 6, 14 & EP 3112096 A1 & CN 106029308 A	1-14

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

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

Date of the actual completion of the international search 25 April 2017 (25.04.17)	Date of mailing of the international search report 16 May 2017 (16.05.17)
---	--

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/008830

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2016-512084 A (Stryker Corp.), 25 April 2016 (25.04.2016), paragraphs [0045], [0051] to [0054], [0064] to [0067], [0074]; fig. 1, 9 & US 2014/0276943 A1 paragraphs [0053], [0059] to [0061], [0072] to [0075], [0082]; fig. 1, 9 & WO 2014/165060 A2 & CA 2897873 A1 & CN 104994805 A	1-14
Y	JP 2004-223128 A (Hitachi, Ltd.), 12 August 2004 (12.08.2004), claim 2; paragraphs [0174], [0176]; fig. 1 (Family: none)	2, 7-9, 11
Y	JP 2011-206312 A (Terumo Corp.), 20 October 2011 (20.10.2011), paragraph [0076]; fig. 12 & US 2011/0245844 A1 paragraph [0097]; fig. 12	8
Y	JP 2015-188566 A (Seiko Epson Corp.), 02 November 2015 (02.11.2015), paragraphs [0054], [0163]; fig. 1 & US 2016/0154620 A1 paragraphs [0094], [0252]; fig. 1 & WO 2015/008470 A2 & CN 104298344 A	10

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. A61B34/35(2016.01)i, A61B90/25(2016.01)i, B25J3/00(2006.01)i, B25J19/06(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. A61B34/35, A61B90/25, B25J3/00, B25J19/06

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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
Y	WO 2015/129473 A1 (ソニー株式会社) 2015.09.03, 段落[0209]-[0222], [0229]-[0230], [0252], [0277]-[0278], [0283], [0298], 図 6, 14 & US 2017/0066131 A1, 段落[0231]-[0244], [0251]-[0252], [0274], [0299]-[0300], [0305], [0320], 図 6, 14 & EP 3112096 A1 & CN 106029308 A	1-14

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	の日の後に公表された文献
「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	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「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	「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
「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)	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 25.04.2017	国際調査報告の発送日 16.05.2017
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号 100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 近藤 利充 電話番号 03-3581-1101 内線 3386

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2016-512084 A (ストライカー・コーポレイション) 2016.04.25, 段落[0045], [0051]-[0054], [0064]-[0067], [0074], 図1, 9 & US 2014/0276943 A1, 段落[0053], [0059]-[0061], [0072]-[0075], [0082], 図1, 9 & WO 2014/165060 A2 & CA 2897873 A1 & CN 104994805 A	1-14
Y	JP 2004-223128 A (株式会社日立製作所) 2004.08.12, 請求項2, 段落[0174], [0176], 図1 (ファミリーなし)	2, 7-9, 11
Y	JP 2011-206312 A (テルモ株式会社) 2011.10.20, 段落[0076], 図12 & US 2011/0245844 A1, 段落[0097], 図12	8
Y	JP 2015-188566 A (セイコーエプソン株式会社) 2015.11.02, 段落[0054], [0163], 図1 & US 2016/0154620 A1, 段落[0094], [0252], 図1 & WO 2015/008470 A2 & CN 104298344 A	10