(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
2018年11月15日(15.11.2018)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2018/207498 A1

(51) 国際特許分類:
A61B 34/32 (2016.01) *A61B 34/35* (2016.01)
A61B 17/34 (2006.01) *B25J 13/08* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2018/013938

(22) 国際出願日： 2018年3月30日(30.03.2018)

(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 2017-093371 2017年5月9日(09.05.2017) JP

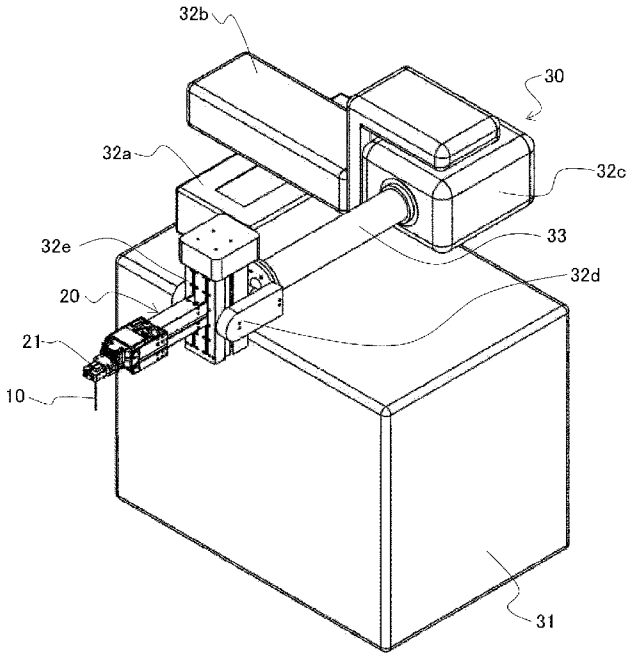
(71) 出願人: 国立大学法人 岡山大学(NATIONAL UNIVERSITY CORPORATION OKAYAMA UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒7008530 岡山県岡山市北区津島中一丁目1番1号 Okayama (JP).

(72) 発明者: 杉山 晃平 (SUGIYAMA Kohei); 〒7008530 岡山県岡山市北区津島中一丁目1番1号 国立大学法人岡山大学内 Okayama (JP). 亀川 哲志(KAMEGAWA Tetsushi); 〒7008530 岡山県岡山市北区津島中一丁目1番1号 国立大学法人岡山大学内 Okayama (JP). 松野 隆幸(MATSUNO Takayuki); 〒7008530 岡山県岡山市北区津島中一丁目1番1号 国立大学法人岡山大学内 Okayama (JP). 平木 隆夫(HIRAKI Takao); 〒7008530 岡山県岡山市北区津島中一丁目1番1号 国立大学法人岡山大学内 Okayama (JP).

(54) **Title:** PUNCTURE ROBOT AND PUNCTURE CONTROL PROGRAM

(54) 発明の名称： 穿刺ロボット及び穿刺制御用プログラム

［図2］



(57) **Abstract:** Provided are a puncture robot and a puncture control program for puncturing a patient with a puncture needle by remote control, wherein the puncture accuracy is high. The puncture robot comprises a puncture needle (10) for puncturing a puncture target in a patient's body, an arm (20) at a distal end of which is provided a needle support part (21) for supporting a proximal end of the puncture needle (10) so as to allow detachment, and a body unit (30) provided with an adjustment mechanism for adjusting the position and incline of the puncture needle via the arm (20), wherein: the arm

WO 2018/207498 A1

［続葉有］

(74) 代理人: 特許業務法人矢野内外国特許事務所 (YANO INTERNATIONAL PATENT ATTORNEYS OFFICE, P.C.); 〒5406134 大阪府大阪市中央区城見二丁目１番６１号 ツイン２１ＭＩＤタワー３４階 Osaka (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, 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, 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)）

(20) is provided with a force sensor for detecting a force acting on the puncture needle; and the adjustment mechanism eliminates force detected at the force sensor by adjusting the location and incline of the puncture needle (10) when the patient has been punctured with the puncture needle (10).

(57) 要約：穿刺針を遠隔操作で患者に穿刺する穿刺ロボットにおいて、穿刺精度の高い穿刺ロボット及び穿刺制御プログラムを提供する。 患者の体内の穿刺標的を穿刺する穿刺針(10)と、この穿刺針(10)の基端を着脱自在に支持する針支持部(21)を先端に備えたアーム(20)と、このアームを(20)介して穿刺針の位置及び傾きを調整する調整機構を備えた本体部(30)とを有する穿刺ロボットにおいて、アーム(20)には、穿刺針に作用する力を検出する力センサを設け、調整機構は、穿刺針(10)で患者を穿刺した際に、穿刺針(10)の位置及び傾きを調整することで力センサで検出された力を解消する。

明　細　書

発明の名称 ： 穿刺ロボット及び穿刺制御用プログラム

技術分野

[0001] 本発明は、穿刺ロボット及び穿刺制御用プログラムに関し、より詳しくは、穿刺針を患者に遠隔操作で穿刺する穿刺ロボットであって、穿刺針に生じるたわみを抑制することで穿刺の標的を確実に穿刺する穿刺ロボット及び穿刺制御用プログラムに関する。

背景技術

[0002] 本発明者らは、ＣＴ（Computed Tomography）によるＸ線透視下において患者の腫瘍等の病変部に穿刺針を穿刺する際に使用する穿刺ロボットを開発している。

[0003] この穿刺ロボットでは、Ｘ線のアーチファクトの発生を抑制するために、穿刺針を比較的長尺のアームの先端に装着し、アームに対して適宜の平行移動操作あるいは回転操作を行うことで穿刺針を穿刺経路上に位置させ、この穿刺経路に沿って穿刺針を直動させることで穿刺することとしていた（例えば、特許文献１参照。）。ここで、穿刺経路とは、穿刺の標的である腫瘍等の患部の中心を通る仮想線であって、骨や主要な器官等を避けながら穿刺針を刺し込んだ際の差し込みの長さができるだけ短くなる仮想線である。

[0004] また、穿刺経路を決定する際には、穿刺針が刺し貫く生体組織の柔らかさの影響を想定することも重要である。他の同様の穿刺ロボットでは、生体組織の柔らかさ等の物理情報等に基づいたモデルを設定してから穿刺経路を決定し、穿刺制御をすることが提案されている（例えば、特許文献２参照。）。さらに、この穿刺ロボットでは、穿刺中に超音波診断装置や磁気共鳴画像診断装置等の画像取得装置で穿刺針に生じるたわみの影響を検出し、穿刺経路を補正することも提案されている。しかも、この穿刺ロボットでは、穿刺針に生じる力を力センサで検出し、標的となっている病変部の穿刺針による刺し過ぎを検出することも提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：国際公開第２０１７／０６５０１６号明細書

特許文献2：特開２００６－２７１５４６号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 本発明者らが開発している穿刺ロボットでは、穿刺針による穿刺をできるだけ速やかに行うことで、生体組織の柔らかさ等の影響を受けにくくすることができるものと考えていたが、豚等を用いた動物実験の結果では十分な精度での標的の穿刺が行えていないという問題があった。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明者らは、十分な精度が得られない原因を研究したところ、穿刺針で患者を穿刺した際に、体内に刺し込まれる直前に穿刺針にたわみが生じ、この穿刺針のたわみとともに患者の体表面もたわみ、その後、穿刺針が体内に進入することとなっているために、穿刺針が体内に進入する穿刺地点があらかじめ想定していた穿刺地点からずれ、しかも、穿刺針がたわんだ状態のまま刺し込まれることで穿刺経路からずれていることがわかった。

[0008] そこで、この穿刺針のたわみを解消することで、標的に対する穿刺精度を向上させることができるものと考えた。

[0009] しかも、穿刺針にたわみを生じさせている力は、穿刺針で患者を穿刺した際に穿刺針に作用する反力であって、この反力の方向と大きさを穿刺針が装着されているアームに設けている力センサで検出可能であることを見いだした。この力センサはもともと安全装置として設けているものであって、穿刺針を患者に穿刺した際に何らかの異常が生じたことを力センサで検出して、緊急停止等の危機回避動作を開始させるために用いているものである。

[0010] すなわち、本発明の穿刺ロボットは、患者の体内の穿刺標的を穿刺する穿刺針と、この穿刺針の基端を着脱自在に支持する針支持部を先端に備えたア

ームと、このアームを介して穿刺針の位置及び傾きを調整する調整機構を備えた本体部とを有する穿刺ロボットにおいて、アームには、穿刺針に作用する力を検出する力センサを設け、調整機構は、穿刺針で患者を穿刺した際に、穿刺針の位置及び傾きを調整することで力センサで検出された力を解消することとした。

[0011] さらに、本発明の穿刺ロボットでは、調整機構で穿刺針の位置及び傾きを調整して、穿刺針が患者を穿刺した際の体表面の穿刺地点と穿刺標的とを結ぶ仮想線の延長線上に穿刺針の基端を位置させることで前記力センサで検出された力を解消することにも特徴を有するものである。

[0012] また、本発明の穿刺制御用プログラムでは、アームの先端に基端が着脱自在に支持された穿刺針の位置及び傾きを制御するとともに、穿刺針をこの穿刺針の延伸方向に直動させることで患者の体内の穿刺標的を穿刺する穿刺ロボットの穿刺制御用プログラムであって、アームに設けた力センサで穿刺針に作用した力を検出するステップと、検出された力によって穿刺針に生じるたわみを推定して、穿刺針が患者を穿刺した際の体表面の穿刺地点の位置を算出するステップと、この穿刺地点と穿刺標的とを結ぶ仮想線の延長線上となる穿刺針の基端の位置及び穿刺針の傾きを特定するステップと、穿刺針の基端をこの特定された位置とするとともに穿刺針を特定された傾きとするステップとを有するものである。

発明の効果

[0013] 本発明によれば、穿刺針による患者の穿刺によって穿刺針に生じたたわみを解消しながら穿刺を行うことで、穿刺標的の穿刺精度を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]本発明で用いたモデル化の説明図である。

[図2]本発明にかかる穿刺ロボットの説明図である。

[図3]本発明にかかる穿刺ロボットのアーム部分の説明図である。

[図4]本発明にかかる穿刺ロボットの針支持部の説明図である。

[図5]本発明にかかる穿刺制御プログラムのフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0015] まず、本発明において想定している穿刺針の穿刺状態のモデルについて説明する。本発明では、穿刺針がたわんだ際に、穿刺針には患者への穿刺地点に荷重が集中して作用しているものと仮定している。すなわち、集中荷重の作用した片持ち梁のモデルを流用できると考えて、図１に示すようにモデルを設定した。

[0016] 図１において、

F_y[N]：たわみ力

δ[mm]：たわみによる変位

l_E[mm]：穿刺針の長さ

l_{in}[mm]：穿刺針の刺し入れられた長さ

l_{punc}[mm]：予定の穿刺深さ

l_{rem}[mm]：残りの穿刺量

(y_t, z_t)：穿刺標的の座標

(y_0, z_0)：穿刺針の基端の座標

Φ_{A0}[rad]：穿刺針の傾き

である。

[0017] 材料力学の公式より、穿刺針の断面二次モーメントＩ[mm^4]と、穿刺針のたわみによる変位δ[mm]は、下式で表せる。

[数1]

$$I = \frac{\pi d^4}{64} \quad (1)$$

$$\delta = \frac{F_y (l_E - l_{in})^3}{3EI} \quad (2)$$

ここで、Eは穿刺針のヤング率[MPa]、ｄは穿刺針の断面の直径[mm]である。

[0018] また、残りの穿刺量l_{rem}[mm]は、予定の穿刺深さl_{punc}[mm]と穿刺針の刺し入

れられた長さl_{in}[mm]とを用いて、下式で表せる。

[数2]

$$l_{rem} = l_{punc} - l_{in} \tag{3}$$

[0019] 穿刺針の穿刺地点と、穿刺標的とを結ぶ仮想線の延長線上に穿刺針の基端を位置させるとして、その座標を（y^*, z^*）とすると、座標の値は下式で表せる。

[数3]

$$y^* = y_t - (l_{rem} + l_E)\sin\phi_A^* \tag{4}$$
$$z^* = z_t + (l_{rem} + l_E)\cos\phi_A^* \tag{5}$$

ここで、Φ^*_Aは目標姿勢の傾きであり、$\Delta\Phi_A$を目標回転角度とすると、目標回転角度$\Delta\Phi_A$と目標姿勢の傾きΦ^*_Aは、下式で表せる。

[数4]

$$\Delta\phi_A = \tan^{-1}\left(\frac{\delta}{l_{punc}}\right) \tag{6}$$
$$\phi_A^* = \phi_{A0} + \Delta\phi_A \tag{7}$$

[0020] さらに、穿刺標的（y_t, z_t）の座標の値は、下式で表せる。

[数5]

$$y_t = y_0 + (l_{rem} + l_E)\sin\phi_{A0} \tag{8}$$
$$z_t = z_0 - (l_{rem} + l_E)\cos\phi_{A0} \tag{9}$$

[0021] これらを用いて、穿刺針の基端の座標（y^*, z^*）と傾きΦ^*_Aを求めることができる。得られた（y^*, z^*, Φ^*_A）を用いて穿刺針の基端の位置及び穿刺針の傾きをこの位置及び傾きとすることで穿刺針に生じる撓みを解消でき、穿刺標的の穿刺精度を向上させることができる。

[0022] 以下において、本発明の穿刺ロボットを説明する。図２に示すように、本発明の穿刺ロボットは、穿刺針10の基端を着脱自在に支持する針支持部21を先端に備えたアーム20と、このアーム20を介して穿刺針10の位置及び傾きを調整する調整機構を備えた本体部30とを有している。

[0023] 本体部30では、矩形体状の基台31を有し、この基台31の上面には、第1の水平方向への平行移動を制御する第１平行移動機構32aを設けている。この第１平行移動機構32aの上面には、第1の水平方向と直行する第２の水平方向への平行移動を制御する第２平行移動機構32bを設けている。第２平行移動機構32bの先端部には、第1の水平方向と平行に延伸させた回動ロッド33を有する第１回動機構32cを設け、回動ロッド33の中心軸周りに回動ロッド33を回動制御している。回動ロッド33の先端には、回動ロッド33の延伸方向と直交する回転軸（図示せず）を介して進退機構32eが装着される第２回動機構32dを設け、この第２回動機構32dと第１回動機構32cとで穿刺針10の傾きを自在に制御可能としている。進退機構32eは、この進退機構32eに基端側が装着されたアーム20を穿刺針10の延伸方向に進退移動させることで、穿刺針10をその延伸方向に沿って進退制御している。さらに、図示していないが、基台31の内部には、第１平行移動機構32aを鉛直方向に昇降させる昇降機構を設けており、これらの６自由度の制御を行うことで、穿刺針10の位置と傾きとを自由自在に制御可能としている。

[0024] 図３に詳細に示すように、アーム20は、第１アーム20aと第２アーム20bとを有し、この第１アーム20aと第２アーム20bとで平行リンクを構成することで、進退機構32eの進退方向を穿刺針10の延伸方向と平行としている。したがって、進退機構32eを進退制御することで、穿刺針10を延伸方向に沿って直動させることができる。

[0025] 第１アーム20aと第２アーム20bの先端側は矩形フレーム22に回動自在に装着している。矩形フレーム22は、底面壁22aと、この底面壁22aと対向した天井壁22bと、底面壁22aと天井壁22bとに架設した第１側壁22cと第２側壁（図示せず）とで構成しており、第１側壁22cと第２側壁に第１アーム20aと第２アーム20bの先端側を回転自在に装着している。

[0026] 底面壁22aの上面には第１力センサ23aと第２力センサ23bを重ねて載設している。第１力センサ23aと第２力センサ23bの２つの力センサを設けているのは、力センサの一方が故障した場合のフェイルセーフ用としてである。

[0027] 第２力センサ23bの上面には、第１アーム20a及び第２アーム20bの延伸方向に向けて延出させた支持片24を設け、この支持片24の下面にエアシリンダ25を装着している。このエアシリンダ25は、穿刺針10を延伸方向と平行に進退するロッド（図示せず）を有しており、進退機構32eの駆動速度よりも速い速度で穿刺針10を直動させることで、患者の皮膚を穿刺しやすくしている。

[0028] エアシリンダ25のロッドには、針支持部21を固定装着するための連結体26を装着しており、針支持部21は、図３及び図４に示すように２つの固定ピン27を介して連結体26に固定装着することとしている。

[0029] 針支持部21の基体21aの先端側には、図４に示すように、第１針把持アーム21bと第２針把持アーム21cを回動自在に設けており、この第１針把持アーム21bと第２針把持アーム21cとで、穿刺針10の基端を把持することとしている。特に、第１針把持アーム21bと第２針把持アーム21cとは、穿刺針10を把持した後にスナップ錠21dで一体的に連結して、穿刺針10を強固に支持可能としている。

[0030] 本発明の穿刺ロボットは、図示しないコントローラを用いて遠隔操作を可能としており、ＣＴの寝台に寝た患者に対して、Ｘ線透過下で穿刺標的を確認しながらコントローラで穿刺ロボットの調整機構を操作して、穿刺針10を穿刺経路上に位置させることとしている。

[0031] 穿刺針10を穿刺経路上に位置させた後、穿刺針10の穿刺を開始させることで進退機構32eを駆動させて、患者に対して穿刺針10の穿刺を行う。

[0032] ここで、本発明の穿刺ロボットでは、従前通りに進退機構32eを駆動させて、患者に対して穿刺針10による穿刺を行いながら、穿刺ロボットの制御部は、図５に示すサブルーチンを実行して、穿刺針10に生じるたわみを解消している。

[0033] すなわち、まず、穿刺ロボットの制御部は、第１力センサ23aと第２力センサ23bから出力された信号を受け付け（ステップS1）、得られた信号から穿刺針10に作用している力を検出する（ステップS2）。ここで、検出された力の大きさが、あらかじめ設定された閾値よりも大きい場合には、穿刺針10の穿

刺状態が異常であるとして、緊急停止させてもよい。また、第１力センサ23aと第２力センサ23bのそれぞれで穿刺針10に作用している力を検出して、平均値を算出し、この平均値を用いてもよい。以下の説明では、平均値のデータを用いるものとする。

[0034] 穿刺針10に作用している力を検出した後、穿刺ロボットの制御部は、穿刺針10に生じているたわみを推定し（ステップS3）、穿刺針10が患者を穿刺した際の体表面の穿刺地点の位置を算出する（ステップS4）。

[0035] 穿刺地点の位置を算出した後、穿刺ロボットの制御部は、この穿刺地点と穿刺標的とを結ぶ仮想線を設定し、この仮想線の延長線上となる穿刺針10の基端の位置及び穿刺針10の傾きを、目標位置及び目標傾きとして位置データ及び傾きデータを生成する（ステップS5）。

[0036] 目標位置及び目標傾きのデータの生成後、穿刺ロボットの制御部は、目標位置及び目標傾きのデータに基づいて逆運動学を用いて、第１平行移動機構32a、第２平行移動機構32b、第１回動機構32c、第２回動機構32d、進退機構32e、昇降機構に入力する目標関節角度を算出し（ステップS6）、それぞれに入力する（ステップS7）。

[0037] 穿刺ロボットの制御部は、穿刺針10の刺し込みを行いながら、目標関節角度のデータを重ね合わせて制御し、穿刺針10に生じる撓みを解消している。

[0038] 穿刺ロボットの制御部は、穿刺が終了していない限りは、ステップS8からステップS1に戻り、穿刺針10の基端の位置及び穿刺針10の傾きの最適化を繰り返し実行する。

[0039] 本発明の穿刺ロボットを用い、市販のファントムを用いて穿刺試験を行った結果を下表に示す。ファントムには表皮から77㎜の深さに直径1㎜のタングステン球を埋設して穿刺標的とした。穿刺標的に向けて穿刺針を穿刺した際に、穿刺針の針先と穿刺標的の距離を計測して評価した。

[表1]

Table 1 PUNCTURE ACCURACY

Number	Needle	Type	Distance [mm]
1	19G	Simple insertion	10.819
2	19G	Simple insertion	7.157
3	19G	Simple insertion	7.064
4	19G	Automatic	0.933
5	19G	Automatic	2.667
6	19G	Automatic	1.982
7	17G	Simple insertion	5.901
8	17G	Simple insertion	5.874
9	17G	Simple insertion	5.919
10	17G	Automatic	2.123
11	17G	Automatic	0.933
12	17G	Automatic	1.006
Average			
	19G	Simple insertion	8.466
	19G	Automatic	1.861
	17G	Simple insertion	5.898
	17G	Automatic	1.354

[0040] なお、穿刺針でファントムを穿刺した際には、生体と異なり穿刺針に撓みが生じないため、穿刺針の先端がファントムに差し込まれた状態でファントムをずらせることで穿刺針にたわみを生じさせ、その後に穿刺針の穿刺を再開させている。

[0041] 本試験では、針長さが114mmの生検導入針であって、17Gと19Gの生検導入針を用いた。「Simple insertion」は、穿刺針に生じた撓みを解消させずに穿刺した場合であり、「Automatic」は、本発明の穿刺ロボットで穿刺することで穿刺針のたわみを解消させながら穿刺した場合であり、穿刺精度が向上していることがわかる。特に、本試験の条件では、目標精度は2.5mmであり、目標精度を達成していることがわかる。

[0042] 以上の本発明では、穿刺針を穿刺する際に、穿刺針に生じる撓みを解消させる制御を行いながら穿刺を行うことで鮮度のよい穿刺を行うことができる。特に、既知の穿刺ロボットのように、生体組織の柔らかさを考慮する必要がなく穿刺を行うことができるので、事前準備の手間を大きく低減させることもできる。

符号の説明

[0043] 10 穿刺針

20　アーム

21　針支持部

20a　第１アーム

20b　第２アーム

22　矩形フレーム

23a　第１力センサ

23b　第２力センサ

24　支持片

25　エアシリンダ

26　連結体

27　固定ピン

30　本体部

31　基台

32a　第１平行移動機構

32b　第２平行移動機構

32c　第１回動機構

32d　第２回動機構

32e　進退機構

請求の範囲

[請求項1] 患者の体内の穿刺標的を穿刺する穿刺針と、

この穿刺針の基端を着脱自在に支持する針支持部を先端に備えたアームと、

このアームを介して前記穿刺針の位置及び傾きを調整する調整機構を備えた本体部と

を有する穿刺ロボットにおいて、

前記アームには、前記穿刺針に作用する力を検出する力センサを設け、

前記調整機構は、前記穿刺針で前記患者を穿刺した際に、前記穿刺針の位置及び傾きを調整することで前記力センサで検出された力を解消する穿刺ロボット。

[請求項2] 前記調整機構は、前記穿刺針の位置及び傾きを調整して、前記穿刺針が前記患者を穿刺した際の体表面の穿刺地点と前記穿刺標的とを結ぶ仮想線の延長線上に穿刺針の基端を位置させることで前記力センサで検出された力を解消する請求項１に記載の穿刺ロボット。

[請求項3] アームの先端に基端が着脱自在に支持された穿刺針の位置及び傾きを制御するとともに、前記穿刺針をこの穿刺針の延伸方向に直動させることで患者の体内の穿刺標的を穿刺する穿刺ロボットの穿刺制御用プログラムにおいて、

前記アームに設けた力センサで前記穿刺針に作用した力を検出するステップと、

前記力によって前記穿刺針に生じるたわみを推定して、前記穿刺針が前記患者を穿刺した際の体表面の穿刺地点の位置を算出するステップと、

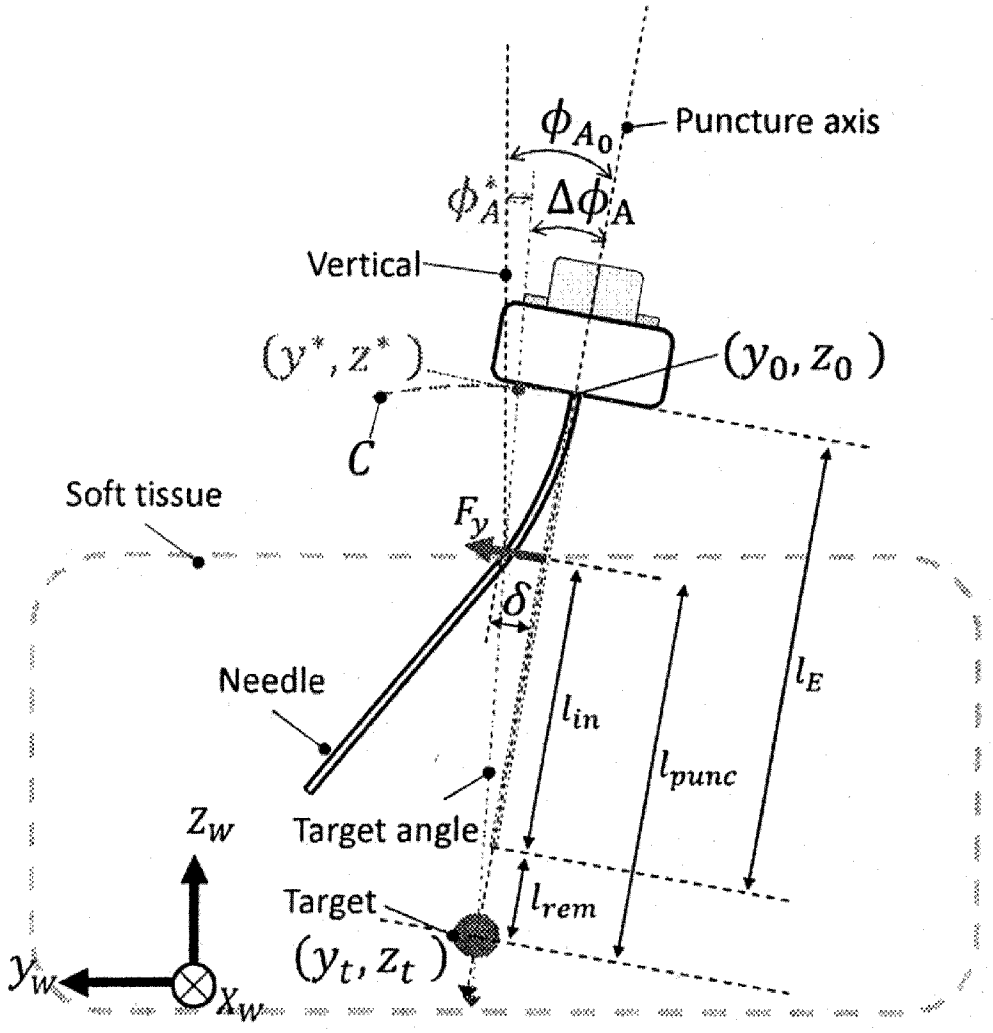
前記穿刺地点と前記穿刺標的とを結ぶ仮想線の延長線上となる前記穿刺針の基端の位置及び穿刺針の傾きを特定するステップと、

前記穿刺針の基端を前記の特定された位置、及び穿刺針の傾きを前

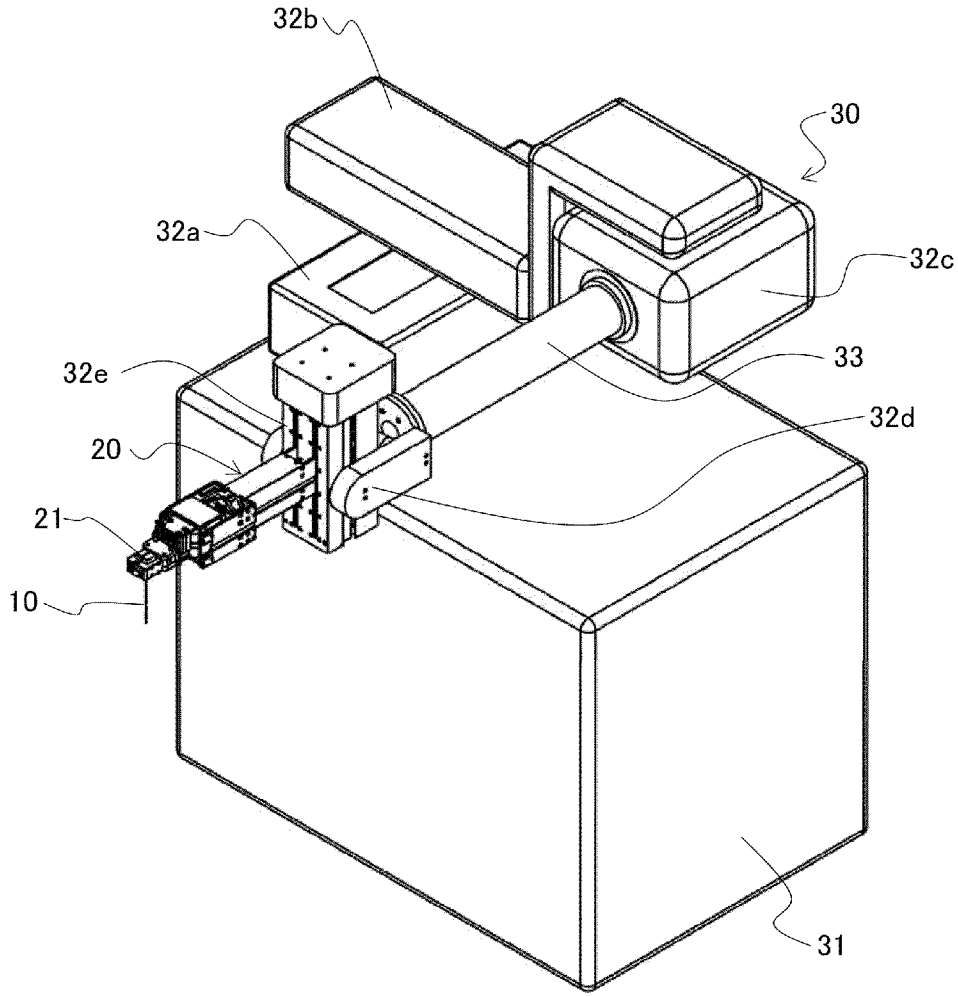
記の特定された傾きとするステップと

を有する穿刺制御用プログラム。

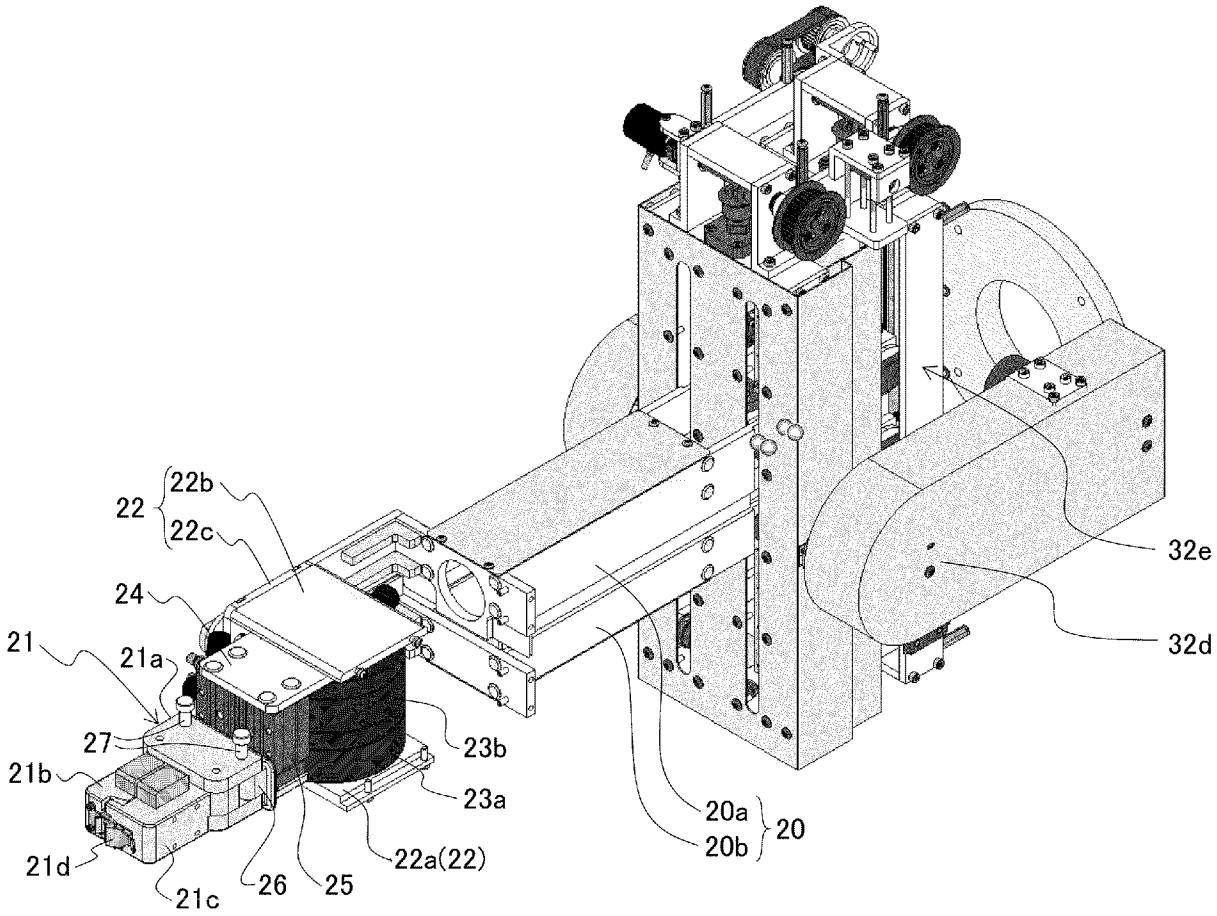
[図1]


ϕ_{A_0}
Puncture axis
ϕ_A^*
$\Delta\phi_A$
Vertical
(y^*, z^*)
(y_0, z_0)
C
Soft tissue
F_y
δ
Needle
l_{in}
l_{punc}
l_E
Target angle
z_w
Target
l_{rem}
(y_t, z_t)
y_w
x_w

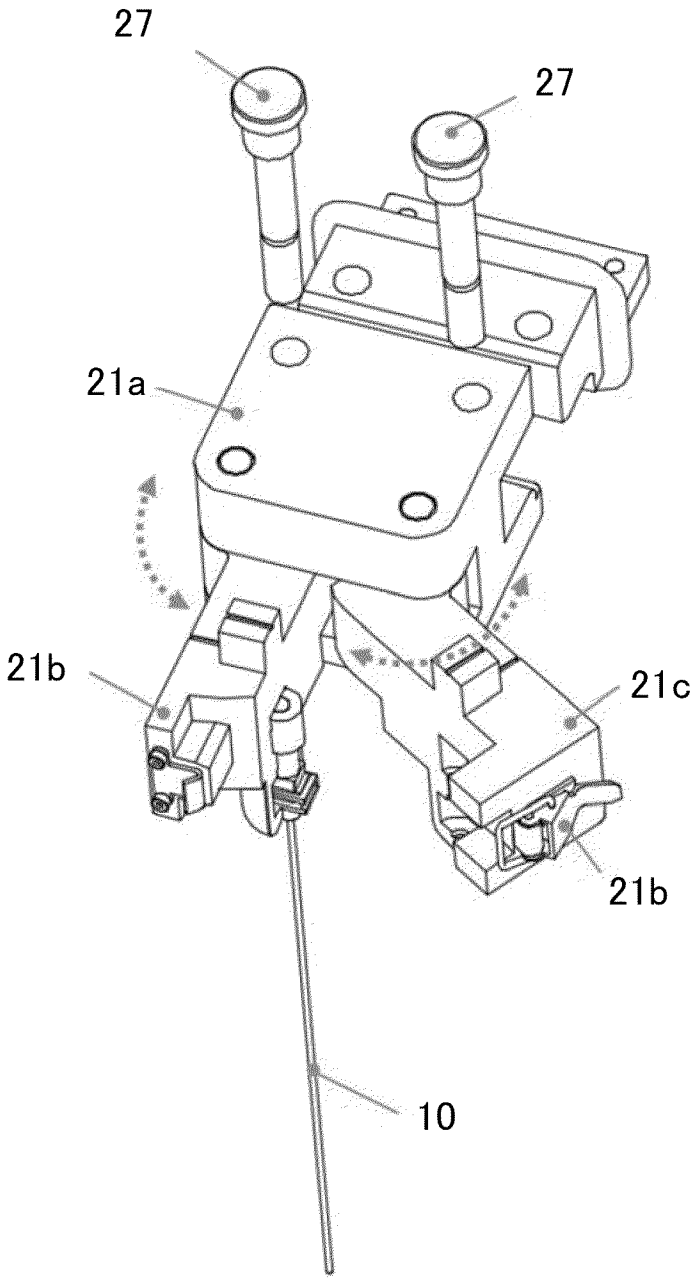
[図2]



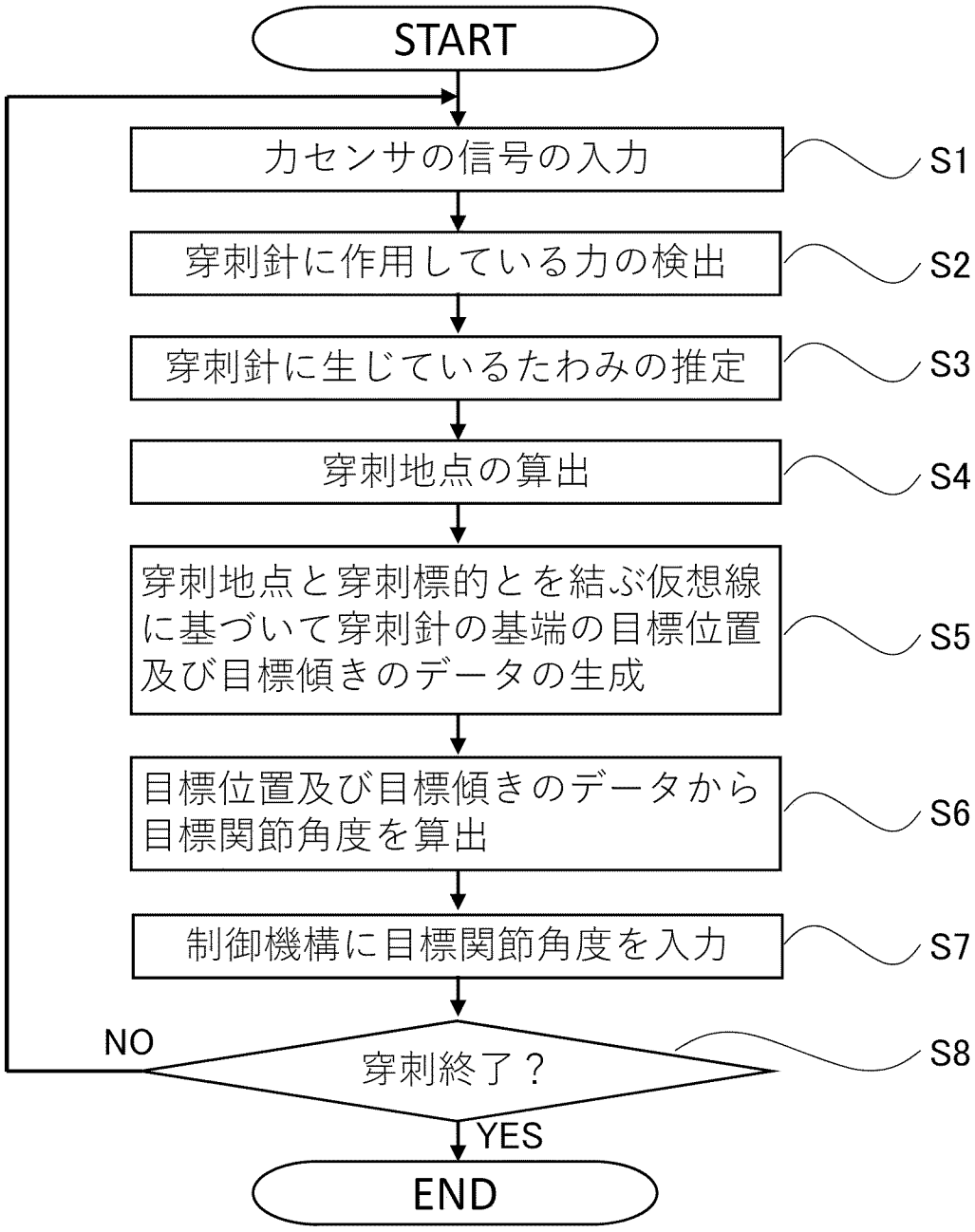
[図3]


22
22b
22c
24
21
21a
27
21b
21d
21c
26
25
22a(22)
23b
23a
20a
20b
20
32e
32d

[図4]



[図5]


START
力センサの信号の入力
S1
穿刺針に作用している力の検出
S2
穿刺針に生じているたわみの推定
S3
穿刺地点の算出
S4
穿刺地点と穿刺標的とを結ぶ仮想線に基づいて穿刺針の基端の目標位置及び目標傾きのデータの生成
S5
目標位置及び目標傾きのデータから目標関節角度を算出
S6
制御機構に目標関節角度を入力
S7
穿刺終了？
S8
NO
YES
END

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/013938

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. A61B34/32(2016.01)i, A61B17/34(2006.01)i, A61B34/35(2016.01)i, B25J13/08(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)
Int.Cl. A61B34/32, A61B17/34, A61B34/35, B25J13/08

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	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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 A	JP 2006-271546 A (UNIV. WASEDA) 12 October 2006, paragraphs [0014], [0018]-[0019], fig. 1 (Family: none)	1 2-3
Y A	WO 2017/065016 A1 (OKAYAMA UNIVERSITY) 20 April 2017, paragraphs [0076], [0079], [0107]-[0109], fig. 8-9 (Family: none)	1 2-3

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

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

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
15 May 2018 (15.05.2018)	29 May 2018 (29.05.2018)

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/013938

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2014-004212 A (CANON INC.) 16 January 2014, paragraphs [0016]-[0018], [0047]-[0050], fig. 1-2, 9B & US 2015/0150591 A1, paragraphs [0027]-[0029], [0066]-[0068], fig. 1-2, 9B & WO 2014/002805 A1	1-3
A	JP 2016-027844 A (CANON INC.) 25 February 2016, paragraphs [0023], [0034]-[0040], fig. 1, 3-4 & US 2016/0008082 A1, paragraphs [0065], [0079]-[0086], fig. 1, 3-4	1-3

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１８／０１３９３８

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　A61B34/32(2016.01)i, A61B17/34(2006.01)i, A61B34/35(2016.01)i, B25J13/08(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.　A61B34/32, A61B17/34, A61B34/35, B25J13/08

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	１９７１－２０１８年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１８年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１８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	JP 2006-271546 A　（学校法人早稲田大学）	1
A	2006.10.12,段落[0014],[0018]-[0019],図１ （ファミリーなし）	2-3
Y	WO 2017/065016 A1　（国立大学法人　岡山大学）	1
A	2017.04.20, 段落[0076],[0079],[0107]-[0109], 図8-9 （ファミリーなし）	2-3

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
１５．０５．２０１８	２９．０５．２０１８

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　３Ｉ　１１８７
後藤　健志
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
A	JP 2014-004212 A　（キヤノン株式会社） 2014.1.16, 段落[0016]-[0018],[0047]-[0050],図 1-2,9B & US 2015/0150591 A1, 段落[0027]-[0029],[0066]-[0068],図 1-2,9B & WO 2014/002805 A1	1-3
A	JP 2016-027844 A　（キヤノン株式会社） 2016.2.25,段落[0023],[0034]-[0040],図 1,3-4 & US 2016/0008082 A1,段落[0065],[0079]-[0086],図 1,3-4	1-3