

(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30日(30.11.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/203823 A1

(51) 国際特許分類:

B26D 5/34 (2006.01) *B26F 1/16* (2006.01)
B26D 1/44 (2006.01) *E03F 7/00* (2006.01)
B26D 3/00 (2006.01) *F16L 55/26* (2006.01)
B26D 5/02 (2006.01)

K.K.) [JP/JP]; 〒2540807 神奈川県平塚市代官町3 1 番 2 7 号 Kanagawa (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/012789

(22) 国際出願日: 2017年3月29日(29.03.2017)

(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 2016-102642 2016年5月23日(23.05.2016) JP

(71) 出願人: 株式会社湘南合成樹脂製作所 (SHONAN GOSSEI-JUSHI SEISAKUSHO

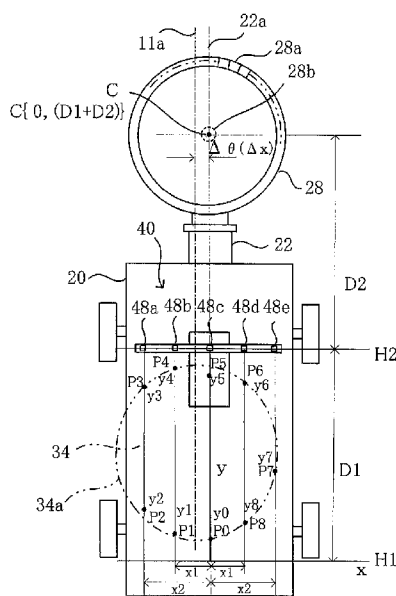
(72) 発明者: 神山 隆夫 (KAMIYAMA Takao); 〒2540807 神奈川県平塚市代官町3 1 番 2 7 号 株式会社湘南合成樹脂製作所内 Kanagawa (JP). 加藤 卓(KATO Takashi); 〒1820012 東京都調布市深大寺東町8 - 1 6 - 1 0 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 早川 裕司, 外 (HAYAKAWA Yuzi et al.); 〒1070052 東京都港区赤坂六丁目6 番 1 5 号 赤坂ウイングビル4 階 特許業務法人 S A N S U I 国際特許事務所 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,

(54) Title: PERFORATOR AND PERFORATION METHOD

(54) 発明の名称: 穿孔装置及び穿孔方法



(57) Abstract: This perforator has: an operating robot 20 for loading a perforating blade 28 and moving inside a main pipe; and a light detector 40 for detecting the contours of an opening part image 34 formed on an inner surface of a pipe lining material by illumination light. A two-dimensional image corresponding to the opening part image is generated and displayed on a display device on the basis of contour points P0 to P8 detected by the light detector 40 by scanning the opening image. The amount of positional deviation between the center of the two-dimensional image on the display device and the axial center C of a rotational shaft of the perforating blade 28 is calculated, the perforating blade is moved by the amount of positional deviation thereof in a direction in which the positional deviation will be eliminated, and the pipe lining material is perforated.

(57) 要約: 穿孔装置は穿孔刃 28 を搭載し本管内を移動する作業ロボット 20 と、照明光により管ライニング材内面に形成される開口部像 34 の輪郭を検出する光検出器 40 を有する。開口部像が走査され光検出器 40 で検出された輪郭点 P0 ~ P8 に基づいて開口部像に対応する 2 次元画像が生成され、表示器に表示される。表示器上での 2 次元画像の中心と穿孔刃 28 の回転軸の軸心 C の位置ずれ量が演算され、この位置ずれ量がなくなる方向に位置ずれ量分穿孔刃が移動されて管ライニング材が穿孔される。

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:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称：穿孔装置及び穿孔方法

技術分野

[0001] 本発明は、枝管開口部を閉塞している管ライニング材を穿孔する穿孔装置及び穿孔方法に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、地中に埋設された下水道管などの既設管が老朽化した場合に、既設管を管ライニング材でライニングするライニング工法が知られている。管ライニング材は、既設管の形状に対応した管状の柔軟な不織布からなる樹脂吸収材に未硬化の液状硬化性樹脂を含浸させたもので、樹脂吸収材の外周面には気密性の高いプラスチックフィルムが貼り付けられている。管ライニング材は反転法あるいは引き込み法により既設管に挿入され、既設管の内周面に押し付けられた状態で液状硬化性樹脂が加熱、硬化されてライニングが行われる。

[0003] 下水管などの本管には枝管が合流しているため、管ライニング材で本管をライニングした場合には、管ライニング材が枝管の合流部分の端部の開口部を塞いでしまう。このため、穿孔機とTVカメラを搭載した作業ロボットを本管に入れて地上から遠隔操作し、穿孔機のカッター（穿孔刃）を回転駆動して枝管開口部を塞いでいる管ライニング材の部分を本管側から穿孔する作業を行っている。

[0004] しかし、この作業では、穿孔前に、穿孔機のカッターの位置決めを本管の管長方向及び周方向のそれぞれについて行う必要がある。これはTVカメラで本管内をモニタしながら行うが、本管内には目印がないので、位置決めを誤る場合がある。

[0005] これを解決するために、下記の特許文献1には、導電性あるいは磁性材料でできたキャップ部材を枝管と本管の分岐開口部に装着し、本管ライニング後、管内移動ロボットの検知手段がキャップ部材の誘電率あるいは透磁率の

変化が最大となるところを枝管の開口部として検出し、本管のライニング材で閉鎖された枝管開口部を穿孔する方法が記載されている。

[0006] また、特許文献2には、枝管側に磁気発生部材を配置し、ライニングされている本管に沿って磁気検出部を移動して磁気発生部材からの磁気を検出し、枝管と本管の分岐開口部を検出して該開口部のライニング材を切削する構成が記載されている。

[0007] また、特許文献3には、枝管の管軸と同心にコイルと共振体からなるマーカを埋め込み、本管ライニング後、穿孔ロボットに搭載されたループアンテナがマーカを励振させる構成が記載されている。この構成では、ループアンテナが分岐開口部に近づくときマーカが共振周波数で共振し、この共振信号の受信レベルが最小となる位置を分岐開口部の中心位置として特定し、穿孔作業を行っている。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特開2002-22062号公報

特許文献2：特開2008-142827号公報

特許文献3：特開平7-88915号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] しかしながら、特許文献1の構成では、導電性あるいは磁性材料でできたキャップ部材を用意する必要があり、キャップ部材の製作コストが高いほか、検知手段はキャップ部材の誘電率あるいは透磁率の変化が最大となることを正確に検出することができない、という欠点がある。

[0010] また、特許文献2でも、磁気発生部材を枝管の軸芯と一致させて取り付けが必要があり、その位置決めが不完全であるため、枝管と本管の分岐開口部の中心を正確に特定することが困難である、という欠点がある。

[0011] 一方、特許文献3では、マーカの製作に、水晶振動子などの圧電振動体

が必要となるとともに、マーカーからの励振信号が先鋭でなく、分岐開口部の中心位置を特定するのが困難である、という欠点がある。

[0012] また、いずれの特許文献でも、センサーを本管の管長方向に移動させて穿孔のためのマーカー（目印）を検出しているので、マーカーの取付位置が本管の周方向にずれていると、マーカーを検出することができず、センサーを周方向に移動させて検出を再度やり直す必要があり、穿孔効率が低下していた。

[0013] 従って、本発明は、このような問題点を解決するためになされたもので、管ライニング材で塞がれている枝管開口部を安価な方法でしかも効率よく検出して管ライニング材を穿孔することが可能な穿孔装置及び穿孔方法を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0014] 本発明は、

枝管側からの照明光が枝管開口部を閉塞している管ライニング材を透過することにより管ライニング材内面に枝管開口部に対応した開口部像が形成される管ライニング材を本管側から穿孔する穿孔装置であって、

管ライニング材を穿孔するための回転可能な穿孔刃と、

前記穿孔刃を本管管長方向に延びる軸を中心に周方向に旋回できるように搭載して本管内を管長方向に移動する作業ロボットと、

本管周方向に配列された複数の光検出素子を備え、開口部像を管長方向に走査してその輪郭点を検出する光検出器と

前記光検出器により検出された輪郭点に基づいて開口部像の輪郭を示す2次元画像を生成する画像生成手段と、

生成された2次元画像の中心位置と穿孔刃の回転軸の軸心位置との管長方向と周方向位置ずれ量を演算する演算手段と、を備え、

前記位置ずれ量がなくなる方向に位置ずれ量分穿孔刃を管長方向に移動させるとともに周方向に旋回させて管ライニング材を穿孔することを特徴とする。

[0015] また、本発明は、

枝管側からの照明光が枝管開口部を閉塞している管ライニング材を透過することにより管ライニング材内面に枝管開口部に対応した開口部像が形成される管ライニング材を本管側から穿孔する穿孔方法であって、

管ライニング材を穿孔するための回転可能な穿孔刃を本管管長方向に延びる軸を中心に旋回できるように搭載した作業ロボットを本管管長方向に移動させる工程と、

前記照明光により管ライニング材内面に形成された開口部像を、複数の光検出素子を本管周方向に配列した光検出器で管長方向に走査しその輪郭点を検出する工程と、

前記検出された輪郭点に基づいて開口部像の輪郭を示す2次元画像を生成し、生成された2次元画像の中心位置と穿孔刃の回転軸の軸心位置との本管管長方向と周方向位置ずれ量を演算する工程と、

前記位置ずれ量がなくなる方向に位置ずれ量分穿孔刃を管長方向に移動させるとともに周方向に旋回させて管ライニング材を穿孔する工程と、

を備えることを特徴とする。

発明の効果

[0016] 本発明では、複数の光検出素子を本管周方向に配列した光検出器により開口部像を本管管長方向に走査してその輪郭を示す2次元画像を生成し、生成された2次元画像の中心位置と穿孔刃の回転軸の軸心位置との本管管長方向と周方向位置ずれ量を演算している。従って、簡単な構成で穿孔刃の開口部像に対する管長方向と周方向の位置ずれ量を求めることができ、正確な穿孔刃の位置決めが可能になる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]本管がライニングされた状態を示す説明図である。

[図2]穿孔装置を本管内で移動させる状態を示す説明図である。

[図3]枝管の開口部像を走査する状態を示す説明図である。

[図4]枝管の開口部像の走査を終了したときの状態を示す説明図である。

[図5]枝管開口部を穿孔する状態を示す説明図である。

[図6]枝管開口部が穿孔され開口した状態を示す説明図である。

[図7]本管内から見た枝管開口部の像を示す斜視図である。

[図8]光検出素子を一定の速度で移動したときの経時時間に対する出力波形を示した線図である。

[図9]光検出器の側面、上面及び正面を示す図である。

[図10]穿孔装置を制御する構成を示したブロック図である。

[図11]穿孔工程の流れを示すフローチャートである。

[図12]枝管の開口部像を走査する状態を示す説明図である。

[図13]枝管の開口部像の輪郭点を検出する状態を示す説明図である。

[図14]穿孔刃のテンプレートを開口部像の2次元画像に位置合わせする状態を示す説明図である。

[図15]光検出器の他の実施例の側面、上面及び正面を示す図である。

[図16]図15の光検出器を用いて穿孔するときの流れを示すフローチャートである。

[図17]図15の光検出器を用いて枝管の開口部像を検出する状態を示す説明図である。

[図18]穿孔刃のテンプレートを、図15の光検出器を用いたとき取得される開口部像の2次元画像に位置合わせする状態を示す説明図である。

[図19]光検出器の更に他の実施例の側面、上面及び正面を示す図である。

[図20]作業ロボット上を移動する走査ユニットを用いて枝管の開口部像を走査する状態を示す説明図である。

[図21]作業ロボット上を移動する走査ユニットを用い開口部像の走査が終了したときの状態を示す説明図である。

[図22]作業ロボット上を移動する走査ユニットに搭載された光検出器の側面、上面及び正面を示す図である。

[図23]走査ユニットを用いて枝管の開口部像を走査する状態を示す説明図である。

[図24]走査ユニットを用いて枝管の開口部像の輪郭点を検出する状態を示す説明図である。

[図25]穿孔刃のテンプレートを、走査ユニットを用いて取得された開口部像の2次元画像に位置合わせする状態を示す説明図である。

[図26]光検出器の光検出素子の他の配置例を示した斜視図である。

[図27]光検出器の他の実施例を示した正面図である。

[図28]図27に示す光検出器を用いて枝管の開口部像を走査する状態を示す説明図である。

[図29]図27に示す光検出器を用いた穿孔工程の流れを示すフローチャートである。

[図30]理想的な枝管の開口部像の走査を示す説明図である。

[図31]検出された枝管の開口部像の輪郭点を示す説明図である。

[図32]光検出素子から出力される出力波形を示した線図である。

発明を実施するための形態

[0018] 以下、添付図を参照して本発明の実施例を説明する。本実施例では、既設管を下水道の本管とし、該本管を管ライニング材でライニングした後、管ライニング材で塞がれた枝管開口部を穿孔する例が説明されるが、本実施例は、下水道だけでなく、その他の管路でライニング後管ライニング材で塞がれている開口部を穿孔するものにも適用できる。

実施例 1

[0019] 図1には、老朽化した下水道の本管11の内面が管ライニング材13を用いてライニングされた状態が示されている。このライニングは、よく知られているように、管ライニング材13を反転法あるいは引き込み法により本管11内に導き、本管内面に押圧することにより行われる。

[0020] 管ライニング材13は、管状の柔軟な不織布からなる樹脂吸収材に未硬化の液状硬化性樹脂を含浸させたもので、樹脂が熱硬化性の樹脂の場合には、本管内面に押圧された管ライニング材13が加熱され、また樹脂が光硬化性樹脂の場合には、紫外線が照射されて管ライニング材13が硬化され、本管

１１の内面がライニングされる。

[0021] 本管１１には、複数の枝管１２が分岐していて、家庭やビルディングなどの下水が枝管１２を介して本管１１に排出される。本管１１が、図１に図示したように、管ライニング材１３によりライニングされると、開放していた枝管１２の開口部１２ａが管ライニング材１３により塞がれてしまう。

[0022] 図２は、このように管ライニング材１３で塞がれている枝管開口部を穿孔する穿孔装置を示す。

[0023] 穿孔装置は、図２に図示したように、本管１１内を本管の管長方向（水平方向）に移動する作業ロボット２０を備え、その作業ロボット２０に穿孔刃２８が搭載される。作業ロボット２０は４輪を備え、作業ロボット２０内に搭載されたモーター２１を駆動することにより、あるいは作業ロボット２０の前後に結合されたワイヤ（不図示）を地上のウインチで巻き上げることににより本管管長方向に前後に移動することができる。

[0024] 作業ロボット２０の上部には、ＴＶカメラ２７が取り付けられ、その側面に取り付けられた照明装置（不図示）で照明された本管内部はＴＶカメラ２７で撮影される。撮影された画像はケーブルパイプ１５内の信号ケーブルを介して地上に設置された作業トラック１４内の表示器５２（図１０）に表示され、作業者が本管内部を観察できるようになっている。

[0025] 作業ロボット２０の前方でその左右方向（本管周方向）の中央位置には、モーター２２が取り付けられる。モーター２２の先端には、マウント２３を介して支持板２４が取り付けられ、その支持板２４には、円盤状のヘッド２５ａを上部に備えた油圧シリンダー２５が固定される。油圧シリンダー２５のヘッド２５ａには、上部に多数のビットを円形に配列した刃面２８ａと回転軸２８ｂを有する円柱状の穿孔刃２８が鉛直方向に取り付けられ、穿孔刃２８を回転させるモーター２６が、その回転軸を油圧シリンダー２５のピストンロッドと同軸にして、取り付けられる。

[0026] モーター２２は、その回転軸２２ａが本管１１の管軸１１ａと平行に本管管長方向に延びており、作業ロボット２０が本管内で正常な位置をとるとき

は、例えば、回転軸 22 a が本管 11 の管軸 11 a と同軸になるように（図 4）、作業ロボット 20 に取り付けられる。モーター 22 が回転すると、穿孔刃 28 は管長方向に延びる管軸 11 a を中心に本管周方向に旋回する。また、穿孔刃 28 は、図 5 に示したように、刃面 28 a の外径 d1 が枝管の内径 d2 より若干小さくなっており、油圧シリンダー 25 により油圧で上下方向に昇降され、モーター 26 により回転させることができる。

[0027] 作業ロボット 20 の上部には、突っ張り部材 29 が設けられており、穿孔時には、突っ張り部材 29 が上昇して管ライニング材 13 の上面に突き当たり、作業ロボット 20 を安定させる。

[0028] 管ライニング材 13 を穿孔するときは、地上から枝管 12 内に照明ランプ 30 が投入され、照明ランプ 30 は電源線 31 を介して電源 32 により点灯されて、枝管開口部 12 a を閉塞している管ライニング材 13 を上部から照明する。管ライニング材 13 は不織布でできているので、そこに含浸されている樹脂が硬化した場合でも、照明光は管ライニング材を透過する。本管 11 内からこの透過光を見ると、図 7 に示したように、本管 11 の内面に対応して湾曲した明るい開口部像 34 となって観察することができる。開口部像 34 は、枝管 12 が本管 11 と垂直に交差する場合には、円形像として観察され、また図 2 に示したように斜交する場合は、その傾斜度に応じた楕円像として観察される。

[0029] 作業ロボット 20 には、図 9 に示したように、ブロック状の基台 41 が固定され、基台 41 上に立設された中空の支柱 42 内には、スプリング 44 で上方に付勢されて昇降可能なセンサーロッド 43 が収納される。センサーロッド 43 の上部には、センサーホルダー 45 と金属製あるいは樹脂製のボール 46 を転動させるボールベアリング 47 が取り付けられる。

[0030] センサーホルダー 45 には、図 9 下方に示したように、管ライニング材 13 の曲率に応じて湾曲したセンサー取付板 48 が固定される。センサー取付板 48 の上部には、それぞれ CdS（硫化カドミウム）セルあるいはフォトダイオードからなる 5 個の光検出素子 48 a ~ 48 e が本管の周方向に等間

隔 θ 1 隔てて取り付けられる。これらの光検出素子 48 a ~ 48 e は、作業ロボット 20 の移動に従って開口部像 34 を本管管長方向に光学的に走査し検出する光検出器 40 を構成する。

[0031] 作業ロボット 20 を一定の速度で移動させたときの各光検出素子 48 a ~ 48 e の経過時間 t に対する出力信号の波形が図 8 に図示されている。各光検出素子 48 a ~ 48 e は、開口部像 34 の明るさに応じて、点線で図示したように、 v_0 から v_1 までの電圧を出力する。出力信号は、例えば、 $v_1 / 2$ のしきい値電圧を設定し、それを超えるとハイレベルの信号 v_1 を、またそれ以下ではローレベル v_0 の信号を発生するように、デジタル化される。

[0032] 後述するように、作業ロボット 20 が所定の一定速度で移動するとき、光検出器 40 の光検出素子は時間 t_1 で開口部像の最初の輪郭点を検出し、その出力信号は、ローレベルからハイレベルに切り替わる。続いて、光検出素子の出力信号は、枝管開口部の径 d_2 に対応する明領域ではハイレベルを維持し、時間 t_2 で後の輪郭点を検出したときに、ローレベルに切り替わる。なお、レベルが切り替わるしきい値電圧は開口部像の明るさ、光検出素子の感度に応じて調整できるようになっている。

[0033] 図 10 は、穿孔装置の動作を制御する制御系のブロック図が図示されている。制御手段並びに演算手段としてのコンピュータ (CPU) 50 は、基本プログラムなどを格納した ROM 50 a、処理データ、演算データなどを格納する作業用 RAM 50 b を有する。

[0034] コンピュータ 50 は、画像処理部 50 c を備えており、この画像処理部 50 c の画像生成部 50 d では、光検出素子 48 a ~ 48 e から出力される信号を処理して開口部像に対応する 2 次元画像が生成される。また、画像処理部 50 c の位置ずれ量演算部 50 e では、生成された 2 次元画像の中心位置と開口部像 34 の走査終了時に位置する穿孔刃 28 の回転軸 28 の軸心の位置ずれ量が演算され、画像処理部 50 c は、その他画像形成に必要な種々の画像処理を行う。また、コンピュータ 50 には、制御プログラム、画像処理

プログラム、テンプレートなどを格納したハードディスクからなる記憶装置 51 が接続される。

[0035] モーター 21 は、例えばロータリーエンコーダーを備えた DC モーターで構成され、作業ロボット 20 を本管管長方向に前後動させる。モーター 21 の回転数はコンピュータ 50 に入力され、作業ロボット 20 の移動速度、移動距離が演算される。

[0036] モーター 22 はステッピングモーターあるいはロータリーエンコーダーを備えたサーボモーターから構成され、そのモーター軸 22a は本管 11 の管軸 11a と同軸になっていて穿孔刃 28 をモーター軸 22a を中心に所定角度刻みで時計方向又は反時計方向に旋回させる。また、コンピュータ 50 は油圧シリンダー 25 を駆動して穿孔刃 28 を上下動させ、モーター 26 を駆動して穿孔刃 28 を回転させ、油圧シリンダー 53 を駆動して突っ張り部材 29 を上下動させる。また、コンピュータ 50 は TV カメラ 27 の姿勢を制御し、TV カメラ 27 で撮影された画像を取り込む。

[0037] また、コンピュータ 50 には、表示器 52 が接続され、表示器 52 には、検出された開口部像の輪郭点、それに基づいて生成された 2 次元画像、TV カメラで撮影された画像、演算されたデータ、制御データなどが表示される。また、コンピュータ 50 には、マウス 54、キーボード 55 が接続される。コンピュータ 50、記憶装置 51、表示器 52、マウス 54、キーボード 55 は穿孔装置の一部として作業用トラック 14 に搭載される。

[0038] モーター 21、22、26、油圧シリンダー 25、53 は、ケーブルパイプ 15 内の電源ケーブルを介して作業トラック 14 に搭載された電源に接続されており、コンピュータ 50 により制御される。また、これらの駆動手段は、作業トラック内のコンソールに配置されたスイッチやジョイスティックなどを介してそれぞれ個別に駆動、制御できるようになっている。また、TV カメラ 27 で撮影された画像データ、あるいは光検出素子からの信号はケーブルパイプ 15 内の信号ケーブルを介してコンピュータ 50 に入力される。

[0039] 次に、このように構成された穿孔装置の動作を図 11 に示す流れに沿って

説明する。

[0040] 作業ロボット20は、マンホール16を介して本管11内に投入され、本管11内を前進する（ステップS1）。このとき、スプリング44により上方に付勢されたボール46は管ライニング材13の内面に点接触して転動するので、センサー取付板48に取り付けられた光検出素子48a～48eは、その検出面が管ライニング材13の内面に接触することなく管ライニング材13の内面に対して径方向に等距離を隔てて近接し、開口部像34の明るさを光学的に検出する。

[0041] 作業ロボット20は、必ずしも垂直な姿勢で前進するわけではなく、例えば、図12に図示したように、作業ロボット20は本管11の管軸11aを中心に幾分時計方向に $\Delta\theta$ 回動した状態で前進する。この状態では、光検出器40も $\Delta\theta$ だけ傾くので、光検出素子48a～48eは、仮想線で示した開口部像34を左右対称ではなく、右寄りにずれた状態で検出する。この $\Delta\theta$ は上方から見たときのずれ量 Δx として図12に図示されている。

[0042] 作業ロボット20が前進を続けて光検出器40が開口部像34に近づくと、いずれかの光検出素子48a～48e、例えば中央の光検出素子48cが開口部像34の輪郭線34a上の点を検出し、この輪郭点で光検出素子48cの出力信号がローレベルからハイレベルに切り替わる。このときの作業ロボット20の位置が図3にも図示されている。

[0043] いずれかの光検出素子48a～48eが開口部像34の輪郭点を検出した場合（ステップS2の肯定）、作業ロボット20を所定距離だけ後進させ、この位置を開口部像34の走査開始位置H1とする（ステップS3）。走査開始位置H1は、開口部像34の輪郭点の座標を求めるときのホームポジションとなる。

[0044] 枝管12の径は、種々の径が存在するので、使用されている枝管の最大径より所定距離長い寸法D1を設定し、図13に示したように、作業ロボット20を走査開始位置H1から開口部像34を越えた距離D1だけ本管管長方向に移動させ、そこで作業ロボット20を停止させる。この作業ロボット2

0の停止位置H2を開口部像の走査終了位置とする。

[0045] 作業ロボット20が走査開始位置H1から走査終了位置H2に移動する間に開口部像34の2次元走査が行われる(ステップS4)。作業ロボット20が前進すると、図13に示したように、光検出素子48a~48eがそれぞれローレベルからハイレベルに切り替わることにより開口部像34の前方の輪郭点P2、P1、P0、P8、P7が検出される。また、作業ロボット20が更に前進して、光検出素子48a~48dがハイレベルからローレベルに切り替わることにより後方の輪郭点P3、P4、P5、P6が検出される。図12の例では、開口部像34の輪郭が不鮮明なところがあるため、輪郭点P2、P5は開口部像34の輪郭線34aからずれて検出されており、また、作業ロボット20が $\Delta\theta$ 傾いているので、最右端の光検出素子48eは、前方の輪郭点P7しか検出できていない。

[0046] なお、作業ロボット20の傾きが大きい場合には、開口部像の輪郭が検出できない場合があるので、複数個の輪郭点、例えば6個以上の輪郭点が検出されたかを判断し(ステップS5)、検出できなかった場合には、ステップS3に戻って作業ロボット20を走査開始位置H1まで後退させ、所定個数の輪郭点が検出されるまで同じ処理を繰り返す。

[0047] ステップS5の判断が肯定された場合は、コンピュータ50により輪郭点P0~P8の座標値が演算される。座標値を演算するときのy軸は、例えば、本管11の管軸11aと平行な軸で、左右方向で中央の光検出素子48cの位置を通過する軸に設定され、また、x軸はy軸に直交する水平軸で、中央の光検出素子48cの走査開始位置H1を通過する軸に設定される。y軸は作業ロボット20の左右方向の中央に設定されるので、穿孔刃28の回転軸28bの軸心Cの直上にある。また、走査開始位置H1を通過する鉛直線はx軸と直交する。

[0048] コンピュータ50は、光検出素子48a~48eごとに時間カウンタをそれぞれ備えており、作業ロボット20が走査開始位置H1から移動するのと同時に各時間カウンタが作動し、各光検出素子48a~48eがそれぞれ口

ーレベルからハイレベルに切り替わるまでの時間 t_1 (図8) を計測する。

[0049] モーター21の回転速度をロータリーエンコーダーで計測することにより作業ロボット20の車輪径に基づいてその移動速度を求めることができるので、作業ロボットの移動速度とローレベルからハイレベルに切り替わるまでの時間 t_1 を乗算することにより、光検出素子48a~48eの走査開始位置H1から開口部像34の前方の輪郭点P2、P1、P0、P8、P7までのy軸方向(管長方向)の移動距離(輪郭点距離) y_2 、 y_1 、 y_0 、 y_8 、 y_7 を演算することができる。

[0050] また、各光検出素子がハイレベルからローレベルに切り替わるまでの時間 t_2 を計測して、移動速度を乗算することにより、光検出素子48a~48eの走査開始位置H1から開口部像34の後方の輪郭点P3、P4、P5、P6までのy軸方向移動距離 y_3 、 y_4 、 y_5 、 y_6 が演算される。

[0051] ここで、各光検出素子48a~48eの光検出素子8cからのx軸方向の距離は、図9の中央に示されているように、 x_2 、 x_1 、0、 x_1 、 x_2 であるので、開口部像34の各輪郭点P0~P8がx y軸で定まるx y平面へ射影されたときの輪郭点P0~P8のx y座標値は、図13の右側に図示したような値となる。

[0052] このような輪郭点P0~P8の座標値の演算は、画像処理部50cの画像生成部50dで行われる。画像生成部50dは、必要に応じて輪郭点P0~P8を補間して輪郭点を追加し、輪郭点P0~P8並びに追加された輪郭点を、例えばスプライン曲線で結んで、図14上方に示したような開口部像34の輪郭を示す2次元画像35を生成する(ステップS6)。

[0053] また、穿孔刃28の回転軸28bの軸心Cのx y座標値はC {0、($D_1 + D_2$)} となる。ここで、 D_1 は上述したように、枝管の最大径より所定距離長い寸法を考慮した作業ロボット20の走査開始位置H1から管長方向移動距離であり、 D_2 は光検出素子48cと穿孔刃28の軸心Cまでの管長方向距離である。なお、 D_1 は、作業ロボット20の走査開始時に時間カウンタを起動させ、作業ロボット20が走査終了位置H2で停止したときの時

間を測定し、作業ロボット20の移動速度を乗算することにより求めることができ、D2は作業ロボット20の設計値で定まる値である。なお、移動距離 $y_0 \sim y_8$ 、D1は、モーター21の回転数をロータリーエンコーダーを用いて計測することにより求めることもできる。

[0054] 続いて、図14上方に示したように、画像生成部50dで生成された2次元画像35を表示器52に表示する（ステップS7）。このとき、輪郭点P0～P8の x y 座標値は、作業ロボット20に設定される座標系での実距離に基づいて演算され大きな値となるので、適宜 $1/m$ 倍に縮小して表示するようにする。

[0055] 続いて、表示器52に表示された2次元画像35の中心位置を検出する（ステップS8）。この中心を検出する方法（手段）は、穿孔刃28の刃面28aの外径 d_1 （図5）の $1/m$ 倍の径を有する円形形状のテンプレート36を用いる方法である。このようなテンプレート36を記憶装置51から読み出し、図14の下方に示したように、例えばマウス54でテンプレート36をドラッグしてテンプレート36と2次元画像35の位置合わせを行う。位置合わせされたテンプレート36の中心 C' の座標値 C' （ $-X_c$ 、 Y_c ）を求め、これを2次元画像35の中心位置を示す座標値とする。テンプレート36は円形であるので、その中心はソフト的に簡単に求めることができる。

[0056] 上述したような位置合わせは、実際に本管11内でTVカメラ27で開口部像34を斜めに上方に見ながら穿孔刃28を移動させその回転面（テンプレート36に相当）を該開口部像34（2次元画像35に相当）に位置合わせする操作に対応している。

[0057] 2次元画像35の中心を検出する他の方法はテンプレートマッチングを用いることである。この場合は、テンプレート36の画像と2次元画像35の一致度を相関係数から演算し、相関係数が最大となるテンプレート36の位置を求め、その中心位置 C' を2次元画像35の中心位置とする。あるいは、2次元画像35の重心を演算し、その重心位置を2次元画像35の中心位

置とすることもできる。

- [0058] 一方、作業ロボット20は、走査終了時には、図13に示す位置で停止しているので、穿孔刃28の回転軸28bの軸心Cは、 $C\{0, (D1 + D2)\}$ の座標位置にある。そこで、位置ずれ量演算部50eで、2次元画像の中心位置 $C'(-Xc, Yc)$ と穿孔刃28の軸心位置 $C\{0, (D1 + D2)\}$ の位置ずれ量を演算する(ステップS9)。このとき、 $(-Xc, Yc)$ は縮小された座標系での座標値であるので、m倍にしておく。
- [0059] 続いて、演算された位置ずれ量がなくなる方向に、該位置ずれ量分だけ穿孔刃28を移動する(ステップS10)。つまり、作業ロボット20を $(D1 + D2) - Yc$ だけ後退させ、モーター22を駆動して穿孔刃28を Xc に対応する角度 $\theta(\Delta\theta)$ だけ反時計方向に旋回させる。
- [0060] この状態では、表示器52上でテンプレート36が2次元画像35に位置合わせされているのに対応して、穿孔刃28の刃面28aも開口部像34に位置合わせされている。そこで、油圧シリンダー25を駆動して穿孔刃28を上昇させ、図5に示したように、モーター26を駆動して穿孔刃28を回転させる。このとき、作業ロボット20の位置を安定させるために、突っ張り部材29を管ライニング材13の内面に突き当てるようにする。このようにして、図6に示したように、枝管開口部12aを閉塞している管ライニング材13が穿孔される(ステップS11)。
- [0061] このように、本実施例では、実際に本管11内でTVカメラ27で開口部像34を斜め上方に見ながら穿孔刃28の刃面28aを該開口部像34に位置合わせする操作を、表示器52上で開口部像34に相当する2次元画像35を表示して正面から行うことができるので、位置合わせが極めて容易になる。しかも、実際の開口部像34の輪郭に不鮮明な部分があったり、開口部像34内に雑光(ノイズ)があっても、2次元画像35の外形が把握できる範囲内で位置合わせすることができ、穿孔効率を高めることができる。
- [0062] なお、上述した実施例では、5個の光検出素子を用いたが、光検出素子の数が多くなれば、検出される輪郭点も多くなり、位置合わせ精度が向上する

。また、上述した実施例では、5個の光検出素子を周方向に等間隔に配置したが、中央部と端部で粗密を変えて配置するようにしてもよい。

[0063] また、光検出器40として、微小な光検出素子を細かいピッチで等間隔に1次元に配列したCCDあるいはCMOSイメージセンサー70を用いるようにしてもよい。1次元イメージセンサー70は、図15に示したように、本管の周方向に沿って円弧状に延びるセンサー取付板48に取り付けられる。

[0064] このような1次元イメージセンサー70を用いて開口部像34を走査する場合、1次元イメージセンサー70が開口部像34のいずれかの輪郭を検出するまで、作業ロボット20を前進させ（図16のステップT1、T2）、輪郭が検出されたら作業ロボット20を所定距離後進させ（ステップT3）、この位置を走査開始位置H1'とする（ステップT3）。続いて、枝管の最大径より所定距離長い寸法をD1'として設定して、図17に示したように、作業ロボット20を走査開始位置H1'から開口部像34を越えた距離D1'+D2'にある走査終了位置H2'まで移動させ、開口部像34の全領域を走査して（ステップT4）、そこで作業ロボット20の移動を停止させる。なお、D2'は、作業ロボット20の設計値で定まる値である。

[0065] 1次元イメージセンサー70の各光検出素子が検出したアナログ信号は、各光検出素子の配列ピッチに相当した開口部像の微小領域の明るさを示すデジタル信号に変換されてコンピュータ50に入力される。光検出器40の管長方向への移動に従って1次元イメージセンサー70の各光検出素子から順次出力される開口部像34の各微小領域毎の信号値は、RAM50bに順次記録される。

[0066] 画像生成部50dはRAM50bに記憶された開口部像34の各微小領域毎の信号値を読み出し、開口部像34の形状並びにその明るさを忠実に再現した2次元画像72を生成する（ステップT5）。なお、y軸は図13と同様に、本管11の管軸11aと平行な軸で、1次元イメージセンサー70の中央の光検出素子の位置を通過する軸に設定され、また、x軸はy軸に直交

する水平軸で、該中央の光検出素子の走査開始位置 $H1'$ を通過する軸に設定される。

[0067] 続いて、図11のステップS7～S11と同様な処理がステップT6～T10で行われ、管ライニング材13の穿孔が行われる。

[0068] 1次元イメージセンサー70を用いる場合には、開口部像34の全領域は、光検出素子の細かいピッチに相当する分解能で表示器52に表示される。図18において、2次元画像72の輪郭線72aは黒い実線として図示されているが、実際は、図8で点線で示した信号の立ち上がり部、あるいは立下り部の明るさに応じた異なる濃淡ある線状の輪郭となって表現される。また、2次元画像72の周辺領域72b、72cは、枝管開口部12aに汚物が堆積したために、その部分が欠落した画像となっており、また中央領域72dはノイズ画像として再現されている。

[0069] 穿孔刃28の回転軸28aの軸心Cの座標値は $C\{0, (D1' + D2')\}$ となり、2次元画像72の中心位置は、図14と同様に、 $C'(-Xc, Yc)$ として求められるので、作業ロボット20を位置ずれ量 $(D1' + D2') - Yc$ だけ後退させ、モーター22を駆動して穿孔刃28をx軸での差 $Xc(\Delta x)$ に対応する角度 $\theta(\Delta \theta)$ だけ反時計方向に回動させて、枝管12の開口部を閉塞している管ライニング材13を穿孔する。

[0070] 1次元イメージセンサー70を用いる場合には、開口部像34の全領域が2次元の平面画像として忠実に表示器52に表示されるので、位置決めが容易になり、またその位置決め精度が向上する。

[0071] なお、光検出器40を、図19に示したように、直線状に延びる1次元イメージセンサー75a～75eを複数個本管の周方向に沿って配列した1次元イメージセンサーから構成することもできる。この場合、それぞれの1次元イメージセンサー75a～75eは、直線状に延びる本管周方向に配列したセンサー取付板74a～74eに取り付けられる。

[0072] 画像生成部50dでは、作業ロボット20の移動によってそれぞれの1次元イメージセンサー75a～75eにより順次検出された信号により開口部

像 3 4 の輪郭を示す 2 次元画像が生成される。この場合、各直線状の 1 次元イメージセンサーの各光検出素子と管ライニング材 1 3 の内面との径方向の距離が異なることから、生成される 2 次元画像の輪郭が忠実に再現されなくなるが、輪郭形状のずれは少なく、2 次元画像のほぼ中心を求めることができ、同等の位置合わせ精度で穿孔を行うことができる。

実施例 2

[0073] 実施例 1 では、光検出器 4 0 は、作業ロボット 2 0 に固定されており、作業ロボット 2 0 の管長方向の移動に連動して移動させたが、作業ロボット 2 0 の移動と独立して光検出器 4 0 を移動させることにより開口部像 3 4 を走査することもできる。その実施例が図 2 0 ～図 2 5 に図示されている。

[0074] 実施例 2 では、図 2 0 ～図 2 2 に図示したように、4 輪を備え光検出器 4 0 を搭載した走査ユニット 8 0 が用いられる。走査ユニット 8 0 は、基台 8 1 内に設けられたモーター 8 2、例えば、ステッピングモーターあるいはサーボモーターにより作業ロボット 2 0 の周方向中心に対して左右対称に配置されたガイドレール 8 3、8 4 に案内されて停止板 8 5、8 6 間を作業ロボット 2 0 の平坦部上で管長方向に移動する。

[0075] 基台 8 1 の前後にはリミットスイッチ 8 1 a、8 1 b が取り付けられ、走査ユニット 8 0 が前進あるいは後進して作業ロボット 2 0 に固定された停止板 8 5、8 6 に当たると、リミットスイッチ 8 1 a、8 1 b が作動してモーター 8 2 が停止し、走査ユニット 8 0 が停止板 8 5、8 6 を超えて前進ないし後進できないようになっている。また、走査ユニット 8 0 の基台 8 1 には、図 9 で説明した部材 4 2 ～4 8 を介して光検出素子 4 8 a ～4 8 e を備えた光検出器 4 0 が取り付けられる。

[0076] このような構成で、走査ユニット 8 0 による開口部像 3 4 の走査は、図 1 1 に示す流れと同様な流れで行われる。作業ロボット 2 0 は本管 1 1 の管軸 1 1 a を中心に幾分時計方向に $\Delta \theta$ 回動した状態で前進し、走査ユニット 8 0 は最後部、即ち後方の停止板 8 6 に当接する位置に停止しているとする（図 2 3）。

[0077] 作業ロボット20が前進し、図23の右側に示すように、光検出器40のいずれかの光検出素子48a~48e（中央の光検出素子48c）が開口部像34の輪郭を検出したとき、同図の左側に示すように、作業ロボット20を所定距離 Δd だけ後進させ、この位置を開口部像34の走査開始位置Hとする（ステップS1~S3）。走査開始位置Hでは、上述したように、走査ユニット80は停止板86に当接して停止している。本管11の管軸11aと平行な軸で、中央の光検出素子48cの位置を通過する軸がy軸に、また、y軸に直交する水平軸で、中央の光検出素子48cの走査開始位置Hを通過する軸がx軸に設定される。

[0078] 実施例1では、この走査開始位置Hで作業ロボット20を前進させて開口部像を走査しているが（ステップS4）、実施例2では、走査開始位置Hで作業ロボット20を停止したままにし、走査ユニット80を作業ロボット20上で前進させ、開口部像34を走査する。

[0079] 走査ユニット80の前進に伴い、光検出器40も管長方向に移動する。図24に示したように、光検出素子48a~48eは、それぞれ走査開始位置HからY1の距離移動し、その間に開口部像34の輪郭点P1~P8を検出し、走査ユニット80は走査終了位置H'で停止する。

[0080] 輪郭点P1~P8が検出されるまでの光検出素子48a~48eの走査開始位置Hからの移動距離 y_0' ~ y_8' は、実施例1と同様に、それぞれの輪郭点検出までの時間と走査ユニット80の移動速度を乗算することにより求められ、また光検出素子48a~48eのx軸方向の配列は、実施例1と同様であるので、図24の右側に図示したような輪郭点P0'~P8'の座標値が演算される。

[0081] 実施例1と同様に、必要に応じて輪郭点P0'~P8'を補間して輪郭点を追加し、輪郭点P0'~P8'並びに追加された輪郭点を、例えばスプライン曲線で結んで、図25上方に示したような開口部像34の輪郭を示す2次元画像35'が生成される（ステップS6）。

[0082] 続いて、2次元画像35'が表示器52に表示され（ステップS7）、実

施例 1 と同様な方法で、その中心 C' ($-X_{c'}$ 、 $Y_{c'}$) が求められる (ステップ S 8)。

[0083] 一方、開口部像 34 が走査されるとき、作業ロボット 20 は走査開始位置 H で停止していて、穿孔刃 28 の回転軸 28 b の軸心 C は、 $C(0, Y_2)$ の座標位置にある。 Y_2 は、軸心 C から走査開始位置 H までの y 軸方向 (管長方向) 距離で、停止板 86 の作業ロボット 20 上の取付位置、作業ロボット 20、走査ユニット 80 の設計値により決まり、走査ユニット 80 の移動には依存しない値である。

[0084] 続いて、2次元画像 35' の中心 C' ($-X_{c'}$ 、 $Y_{c'}$) と穿孔刃 28 の軸心 $C(0, Y_2)$ の位置ずれ量が演算され (ステップ S 9)、位置ずれ量がなくなる方向に、該位置ずれ量分だけ穿孔刃 28 を本管管長方向並びに周方向に移動させ、管ライニング材 13 を穿孔する (ステップ S 10、S 11)。なお、穿孔が終了したとき、あるいは開口部像の走査が終了したときには、走査ユニット 80 を停止板 86 に当接するまで後進させ、次の開口部像の走査のために待機させる。

[0085] 実施例 2 では、作業ロボット 20 を移動させるのではなく、作業ロボット 20 とは独立に走査ユニット 80 を作業ロボット上で移動させて、開口部像 34 を走査している。走査ユニット 80 は、作業ロボット 20 の平坦な部分を移動させることができるので、湾曲面を移動する作業ロボット 20 に比較して円滑にかつ安定して移動させることができ、高精度で開口部像の輪郭点を検出することができる。

[0086] なお、走査ユニット 80 を、スリップすることなく一定速度で移動させるために、走査ユニット 80 が移動する作業ロボット 20 上の走行路に摩擦係数の大きなシートを敷くようにしてもよい。また、走査ユニットの車輪の全周にギアを形成し、ガイドレール上にも当該ギアと噛みあうギアを設けて、ギアの噛み合いにより走査ユニットを移動させるようにしてもよい。

[0087] また、光検出器 40 は、個別な光検出素子を配列して構成されているが、実施例 1 と同様に、微小な光検出素子を細かいピッチで等間隔に 1 次元に配

列した図 1 5、図 1 9 に示すような CCD あるいは CMOS の 1 次元イメージセンサーを用いるようにしてもよい。

実施例 3

[0088] 上述した実施例 1、2 では、光検出器 4 0 のセンサー取付板 4 8 は、本管 1 1 あるいはその管ライニング材 1 3 の曲率に応じて湾曲しているので、本管 1 1 の管径あるいは管ライニング材の層厚が異なると、それに応じた曲率のセンサー取付板を用いる必要がある。そこで、光検出器 4 0 の各光検出素子 4 8 a ~ 4 8 d をそれぞれ個別のセンサー取付板に取り付け、それぞれの光検出素子が独立してスプリングで付勢され、本管 1 1 の管径あるいは管ライニング材の層厚が異なっても、それぞれの検出面と管ライニング材内面との距離が一定になるようにする。

[0089] 図 2 6 は、光検出器 4 0 の中央の光検出素子 4 8 c の取り付けを示す図で、光検出素子 4 8 c は、ブロック状のセンサー取付板 1 0 0 により他の光検出素子と分離してセンサーホルダー 4 5 に取り付けられる。他の光検出素子 4 8 a、4 8 b、4 8 d、4 8 e も同様である。

[0090] 光検出器 4 0 のすべての光検出素子 4 8 a ~ 4 8 e は、図 2 7、図 2 8 に示したように、作業ロボット 2 0 に固定された基台 1 0 1 に本管周方向に等角度 θ 1 隔てて配列される。光検出器 4 0 の各光検出素子 4 8 a ~ 4 8 e は、スプリング 4 4 により他の光検出素子と独立して上方に付勢され、ボール 4 6 がそれぞれ管ライニング材 1 3 の内面に点接触し、各光検出素子 4 8 a ~ 4 8 e の検出面と管ライニング材内面との距離が一定になるので、本管 1 1 の管径あるいは管ライニング材 1 3 の層厚が異なっても同一感度で開口部像を走査することが可能になる。

[0091] 実施例 3 での穿孔装置は、光検出器 4 0 が図 2 6、図 2 7 に示したように構成されることを除き、実施例 1 と同様な構成で、管ライニング材 1 3 の穿孔は、図 2 9 に示す流れに沿って行われる。図 2 9 において、ステップ U 1 ~ U 5 は、図 1 1 のステップ S 1 ~ S 5 と同様な処理である。

[0092] ここで、開口部像 3 4 が図 3 0 に示すようにその輪郭が鮮明で欠損部がな

い場合には、光検出器40の光検出素子48a～48eは、作業ロボット20の前進にともないそれぞれ最初の輪郭点Q2、Q1、Q0、Q9、Q8を検出し、続いて後方の輪郭点Q3、Q4、Q5、Q6、Q7を検出する。

[0093] 光検出器40の中央の光検出素子48cは、例えば図32の上段のような出力信号を出力し、時間t1で輪郭点Q0を、時間t2で輪郭点Q5を検出する。一方の他の光検出素子、例えば、光検出素子48aは、感度が光検出素子48cと同一であるとする、下段に示したように、同様な出力信号を出力し、時間t1'で輪郭点Q2を、時間t2'で輪郭点Q3を検出する。

[0094] 光検出素子48cで検出される輪郭点Q0、Q5間の距離は、光検出素子48aで検出される輪郭点Q2、Q3間の距離と相違するが、その中心Qc、Qaは、出力信号が同様な波形であれば、ほぼ同一である。同じことが他の光検出素子についてもいえ、理想的には、図30に示したように、各光検出素子48a～48eが検出する輪郭点(Q2、Q3)、(Q1、Q4)、(Q0、Q5)、(Q9、Q6)、(Q8、Q7)間の距離の中心Qa～Qeのy座標は、同じ値になる。

[0095] 実際には、図14に示したのと同様な輪郭点P0～P8が検出され、図31の上段に示したように各輪郭点が2点鎖線の仮想線で結ばれて表示器52に表示される。輪郭点P2、P5は、図14に関連して説明したように、開口部像34の輪郭が不鮮明なために、不正確であり、光検出素子48eは前方の輪郭点P7だけしか検出していない。

[0096] ここで、表示器52に表示された画像を見て、良好に輪郭点を検出したと思われる光検出素子を選択する。図31の例では、光検出素子48b、48dがその例であるので、輪郭点距離P1-P4、P8-P6の中心Qb、Qdのいずれか、あるいはその平均値を求める。

[0097] 各光検出素子48a～48eがそれぞれ検出する前方の輪郭点と後方の輪郭点間の距離の中心は、理想的にはそれぞれ同じであることから、検出した輪郭点の補正を行う。今の例では、輪郭点P2、P5は、不正確であり、光検出素子48eは前方の輪郭点P7だけしか検出していない。従って、図3

1の下段に示したように、輪郭点 P_2 を P_2' に、輪郭点 P_5 を P_5' に補正し、また輪郭点 P_7' を補完して、各輪郭点距離の中心 Q_a 、 Q_c 、 Q_e が Q_b 、 Q_d と同じ値になるようにする。このようにして補正ないし補完された輪郭点を含めて各輪郭点を、スプライン曲線で結んで2次元画像102を生成する（ステップU6）。

[0098] 続いて、生成された2次元画像102の中心 C' を求める（ステップU7）。各光検出素子が検出した輪郭点間の距離の中心 $Q_a \sim Q_e$ は、2次元画像の中心の y 座標に相当するので、中心 $Q_a \sim Q_e$ のいずれかあるいはその平均値 Q_y を2次元画像102の中心 C' の y 座標値とする。また、2次元画像102の幅 w の中心線と輪郭点 P_0 、 P_5' を結ぶ線との x 軸方向の距離 Q_x に符号を付して $-Q_x$ を2次元画像100の中心 C' の x 座標値とする。

[0099] 続いて、ステップU8において、2次元画像102の中心と穿孔刃の回転軸の軸心位置との管長方向と周方向位置ずれ量を求める。管長方向の位置ずれ量は、 $(D_1 + D_2)$ から2次元画像102の中心 C' の y 座標値を減算した値であり、周方向の位置ずれ量は、 Q_x に対応する角度 $(\Delta\theta)$ であるので、そのずれ量分穿孔刃28を後退させ、穿孔刃28を管軸を中心に反時計方向に $\Delta\theta$ だけ旋回させる（ステップU9）。

[0100] このようにして、穿孔刃28が正しい位置に位置決めされたので、油圧シリンダー25を駆動して穿孔刃28を上昇させ、穿孔刃28を回転させて枝管開口部12aを閉塞している管ライニング材13を穿孔する（ステップU10）。

[0101] 実施例3では、光検出素子で検出された輪郭点が補正され、あるいは光検出素子が検出できなかった輪郭点が補完されるので、開口部像34に忠実な2次元画像102を生成することができ、実施例1のようなテンプレートを用いなくても、簡単な方法で、2次元画像の中心、つまり開口部像の中心を求めることができる。

[0102] また、実施例3では、光検出器40は、作業ロボット20上に取り付けら

れ、作業ロボット 20 の管長方向移動に連動して移動するが、実施例 2 と同様に、作業ロボット 20 上を作業ロボット 20 の移動と独立して管長方向に移動させることもできる。

符号の説明

- [0103] 1 1 本管
 1 2 枝管
 1 2 a 枝管開口部
 1 3 管ライニング材
 1 4 作業トラック
 1 5 ケーブルパイプ
 2 0 作業ロボット
 2 1 モーター
 2 2 モーター
 2 5 シリンダー
 2 6 モーター
 2 7 TVカメラ
 2 8 穿孔刃
 2 8 a 刃面
 2 9 突っ張り部材
 3 0 照明ランプ
 3 4 開口部像
 3 5 2次元画像
 3 6 テンプレート
 4 0 光検出器
 4 6 ボール
 4 7 ボールベアリング
 4 8 センサー取付板
 4 8 a ～ 4 8 e 光検出素子

- 5 0 コンピュータ
- 5 0 c 画像処理部
- 5 0 d 画像生成部
- 5 0 e 位置ずれ量演算部
- 5 1 記憶装置
- 5 2 表示器
- 7 0 1次元イメージセンサー
- 7 2 2次元画像
- 7 5 a ～ 7 5 e 1次元イメージセンサー
- 8 0 走査ユニット
- 8 1 基台
- 8 1 a、8 1 b リミットスイッチ
- 8 2 モーター
- 8 3、8 4 ガイドレール
- 8 5、8 6 停止板

請求の範囲

- [請求項1] 枝管側からの照明光が枝管開口部を閉塞している管ライニング材を透過することにより管ライニング材内面に枝管開口部に対応した開口部像が形成される管ライニング材を本管側から穿孔する穿孔装置であって、
- 管ライニング材を穿孔するための回転可能な穿孔刃と、
- 前記穿孔刃を本管管長方向に延びる軸を中心に周方向に旋回できるように搭載して本管内を管長方向に移動する作業ロボットと、
- 本管周方向に配列された複数の光検出素子を備え、開口部像を管長方向に走査してその輪郭点を検出する光検出器と
- 前記光検出器により検出された輪郭点に基づいて開口部像の輪郭を示す2次元画像を生成する画像生成手段と、
- 生成された2次元画像の中心位置と穿孔刃の回転軸の軸心位置との管長方向と周方向位置ずれ量を演算する演算手段と、を備え、
- 前記位置ずれ量がなくなる方向に位置ずれ量分穿孔刃を管長方向に移動させるとともに周方向に旋回させて管ライニング材を穿孔することを特徴とする穿孔装置。
- [請求項2] 前記光検出器は、作業ロボット上に取り付けられ、作業ロボットの管長方向移動に連動して移動することを特徴とする請求項1に記載の穿孔装置。
- [請求項3] 前記光検出器は、作業ロボット上を作業ロボットの移動と独立して管長方向に移動することを特徴とする請求項1に記載の穿孔装置。
- [請求項4] 前記光検出器の各光検出素子は、それぞれの検出面と管ライニング材内面との距離が一定になるように、個別にスプリングにより上方に付勢されることを特徴とする請求項1から3のいずれか1項に記載の穿孔装置。
- [請求項5] 前記光検出器の各光検出素子は、それぞれの検出面と管ライニング材内面との距離が一定になるように、本管の管径並びに管ライニング

材の層厚に応じた曲率で湾曲した取付板に取り付けられることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の穿孔装置。

[請求項6] 前記光検出器の光検出素子は CdS セルあるいはフォトダイオードであることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の穿孔装置。

[請求項7] 枝管側からの照明光が枝管開口部を閉塞している管ライニング材を透過することにより管ライニング材内面に枝管開口部に対応した開口部像が形成される管ライニング材を本管側から穿孔する穿孔方法であって、

管ライニング材を穿孔するための回転可能な穿孔刃を本管管長方向に延びる軸を中心に旋回できるように搭載した作業ロボットを本管管長方向に移動させる工程と、

前記照明光により管ライニング材内面に形成された開口部像を、複数の光検出素子を本管周方向に配列した光検出器で管長方向に走査しその輪郭点を検出する工程と、

前記検出された輪郭点に基づいて開口部像の輪郭を示す 2 次元画像を生成し、生成された 2 次元画像の中心位置と穿孔刃の回転軸の軸心位置との本管管長方向と周方向位置ずれ量を演算する工程と、

前記位置ずれ量がなくなる方向に位置ずれ量分穿孔刃を管長方向に移動させるとともに周方向に旋回させて管ライニング材を穿孔する工程と、

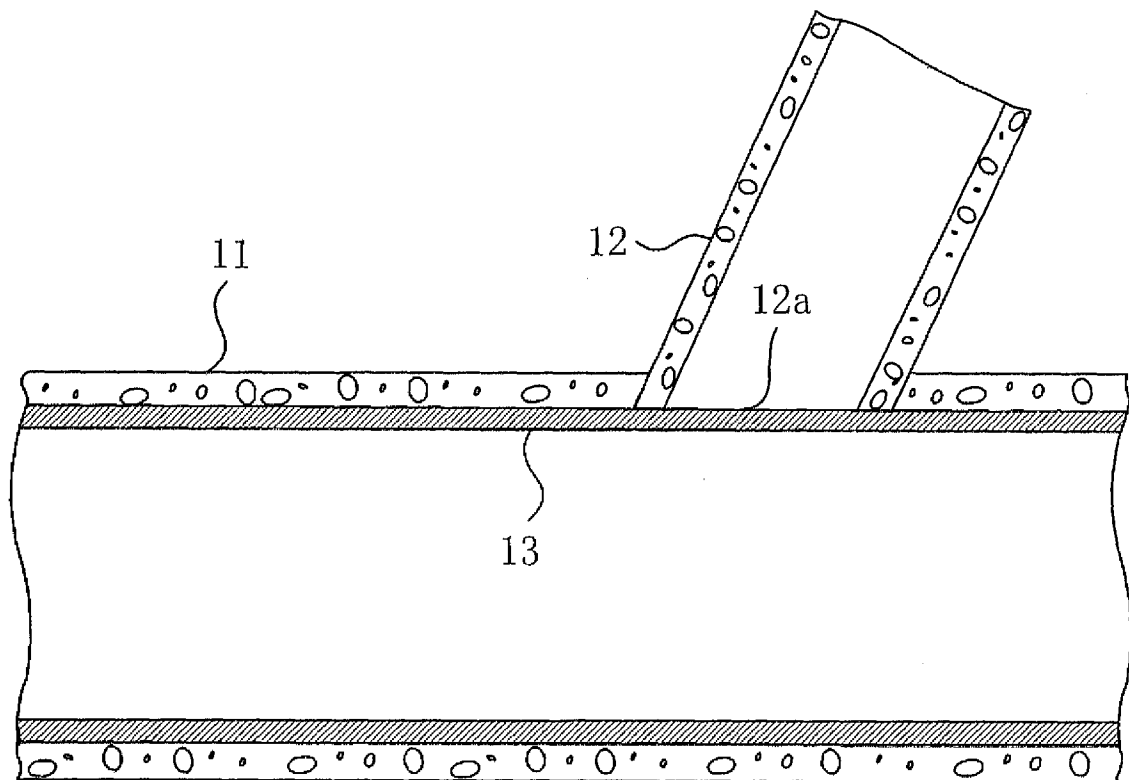
を備えることを特徴とする穿孔方法。

[請求項8] 前記生成された 2 次元画像の中心位置は、穿孔刃が描く形状に対応した形状のテンプレートとのテンプレートマッチングにより求められることを特徴とする請求項 7 に記載の穿孔方法。

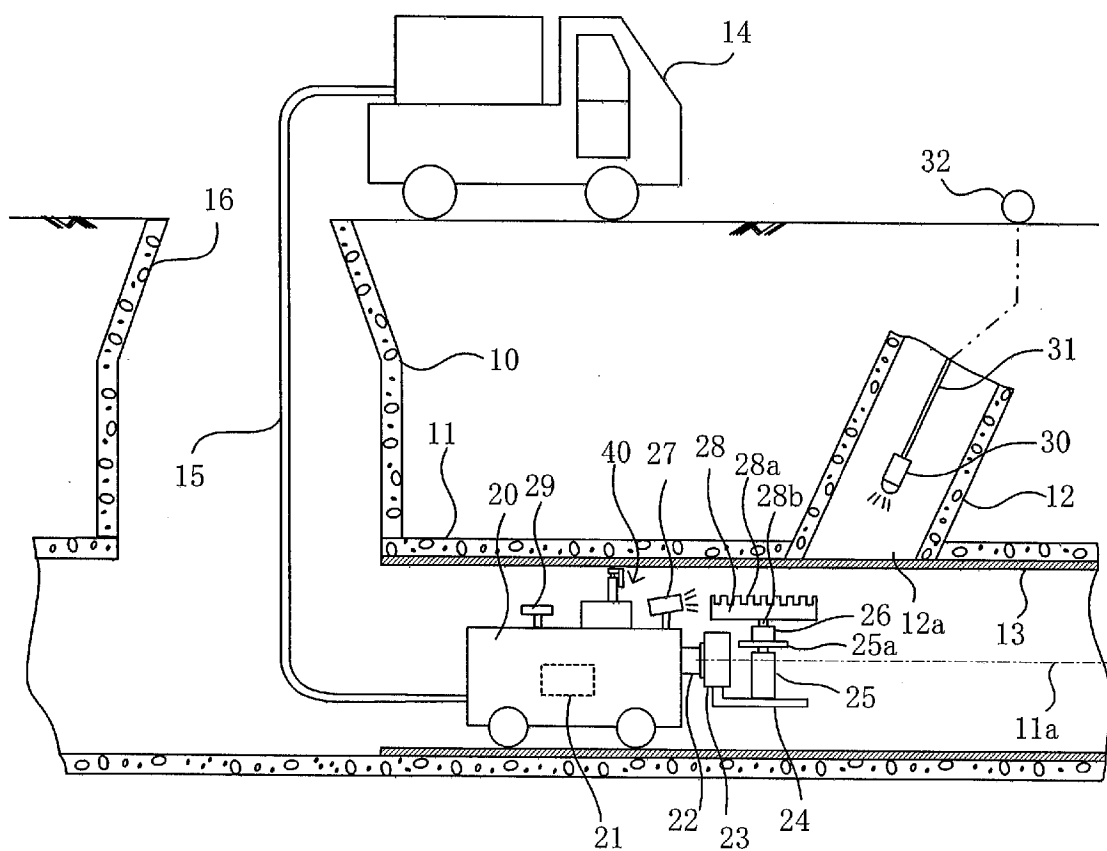
[請求項9] 前記生成された 2 次元画像は、光検出器の各光検出素子が検出した最初の輪郭点と次の輪郭点間の距離の中心が各光検出素子で同じになるように、輪郭点が補正ないし補完されることを特徴とする請求項 7

に記載の穿孔方法。

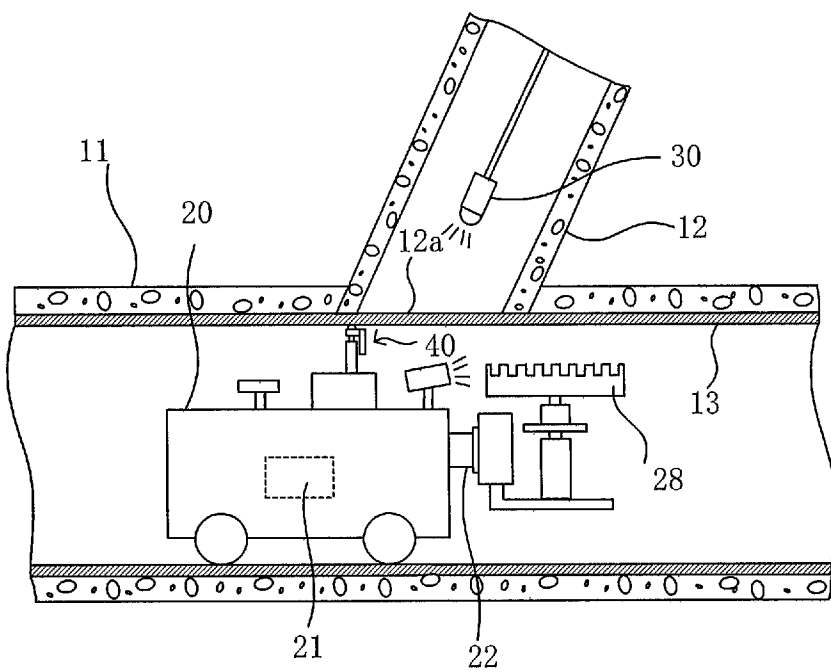
[図1]



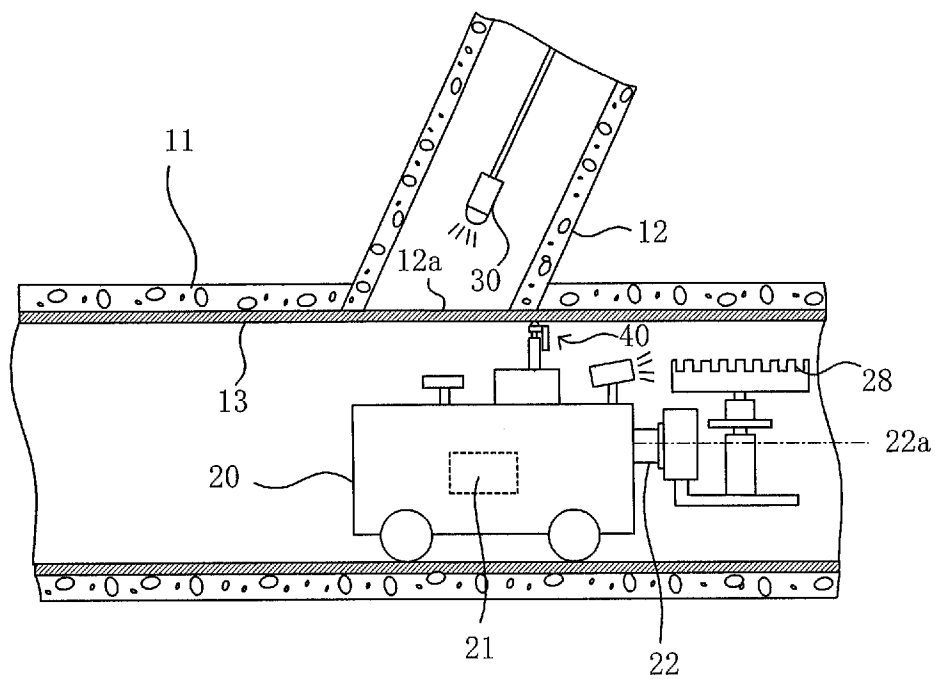
[図2]



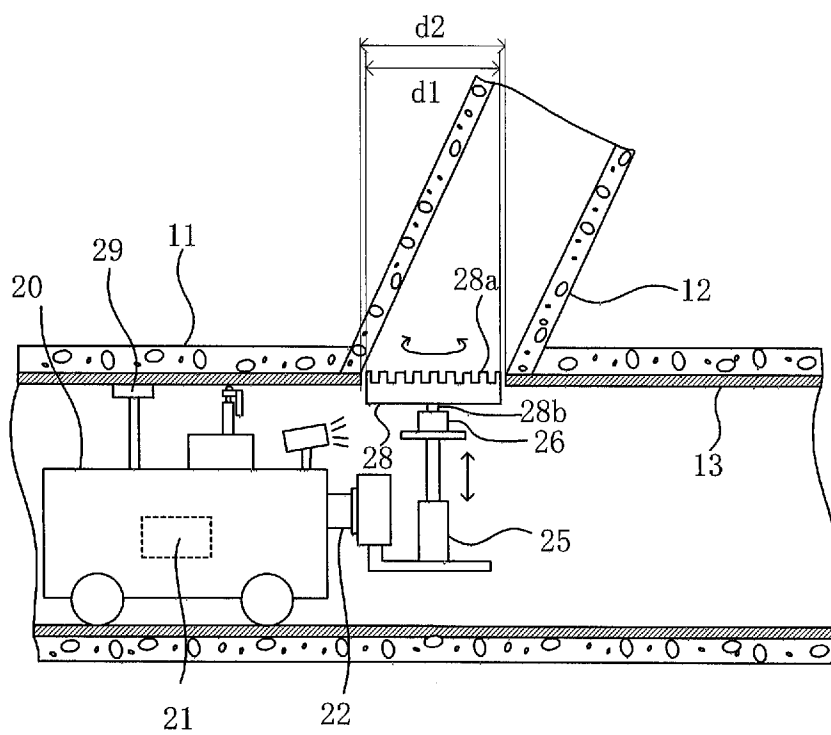
[図3]



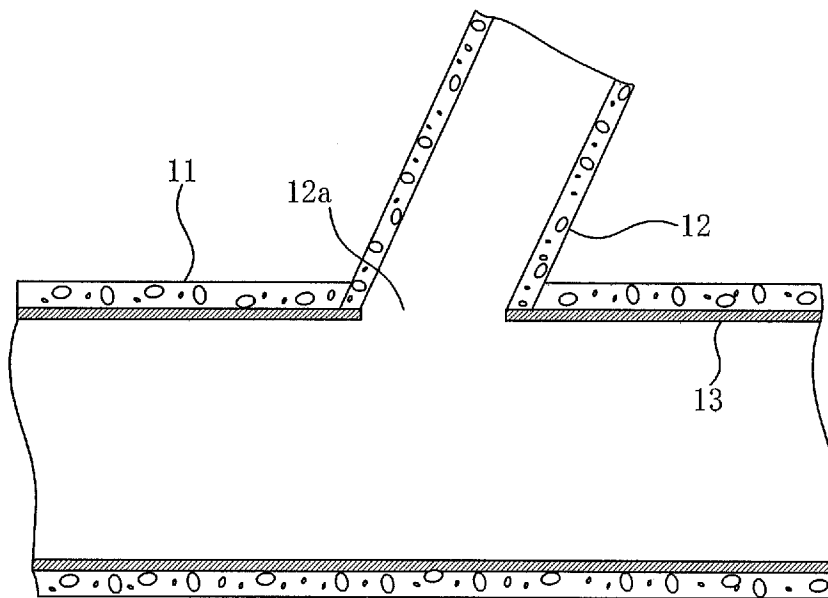
[図4]



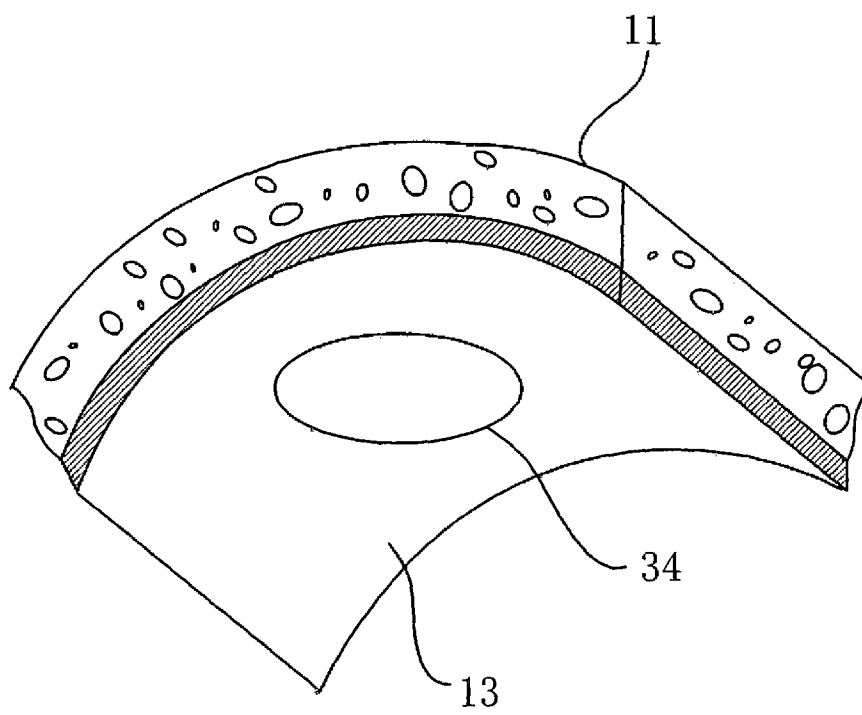
[図5]



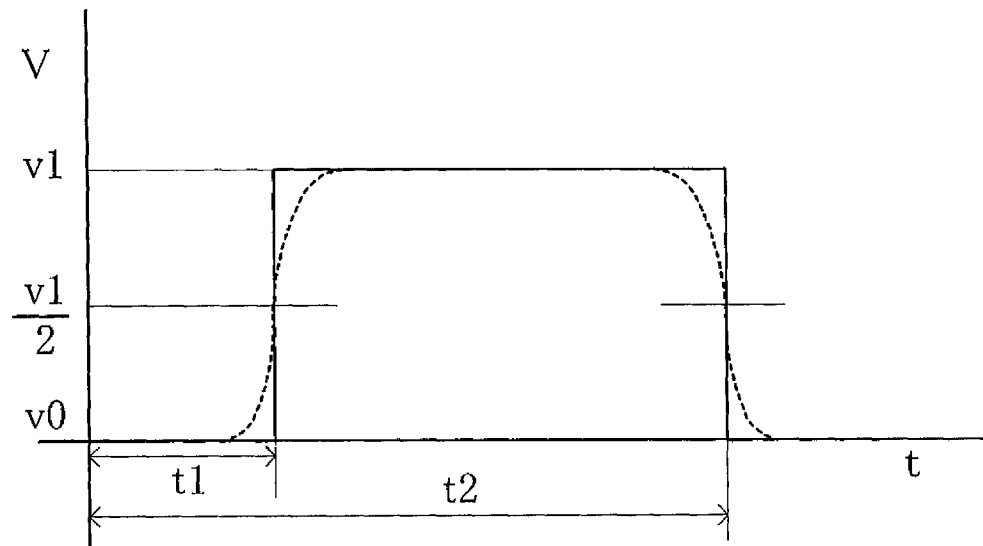
[図6]



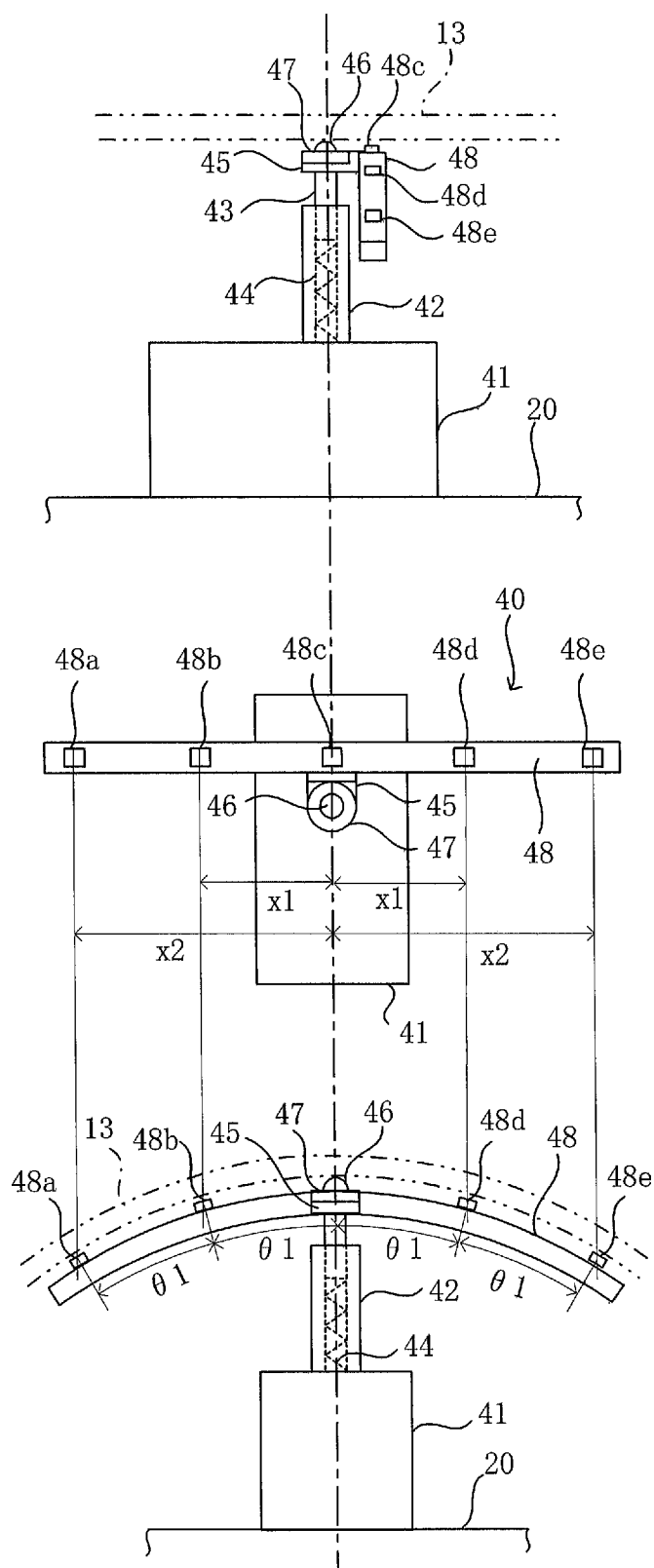
[図7]



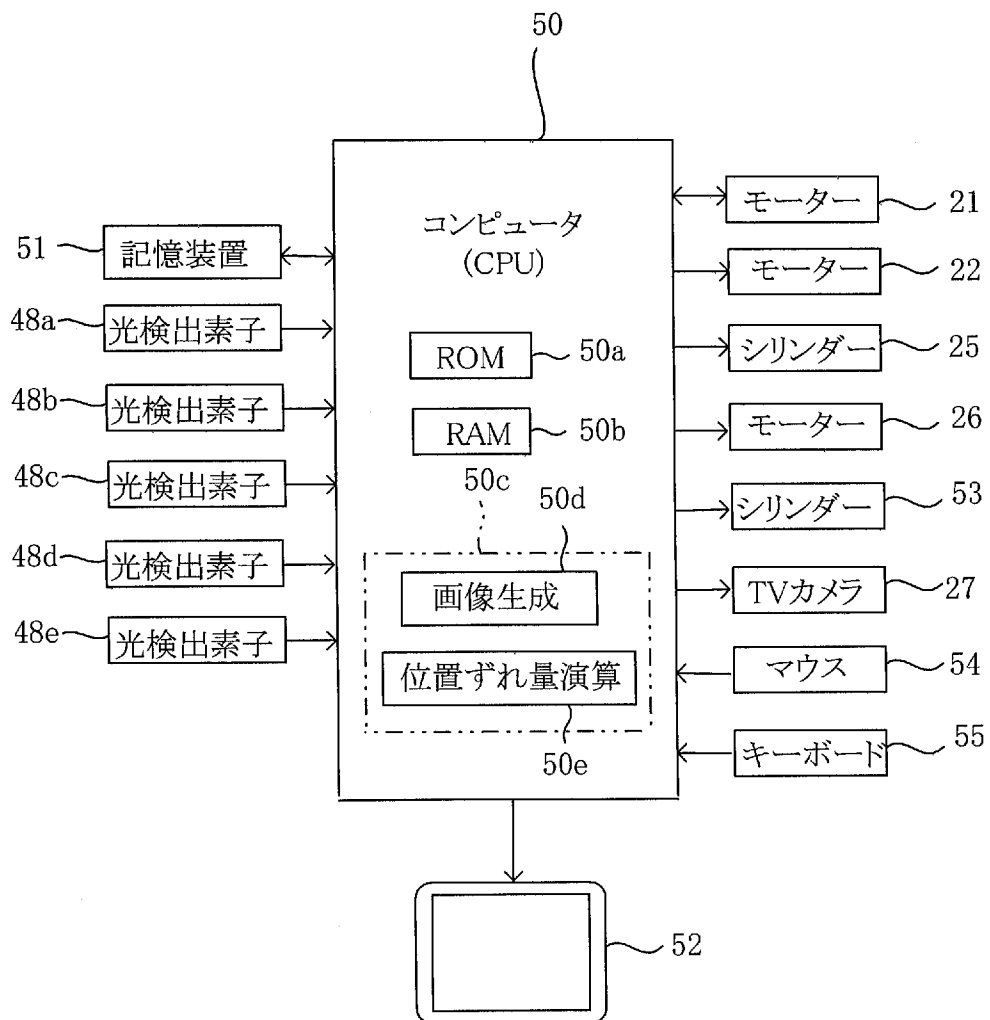
[図8]



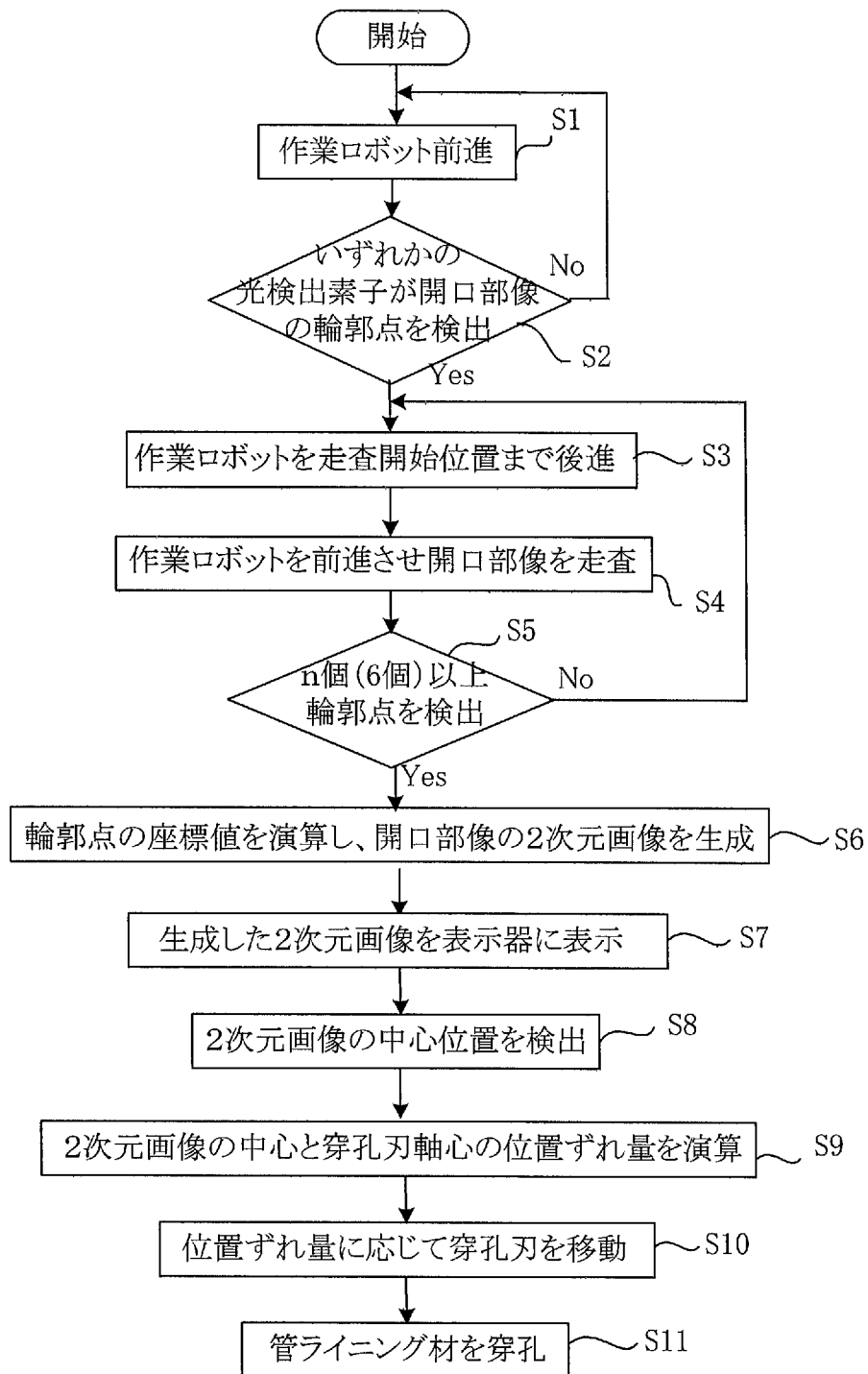
[図9]



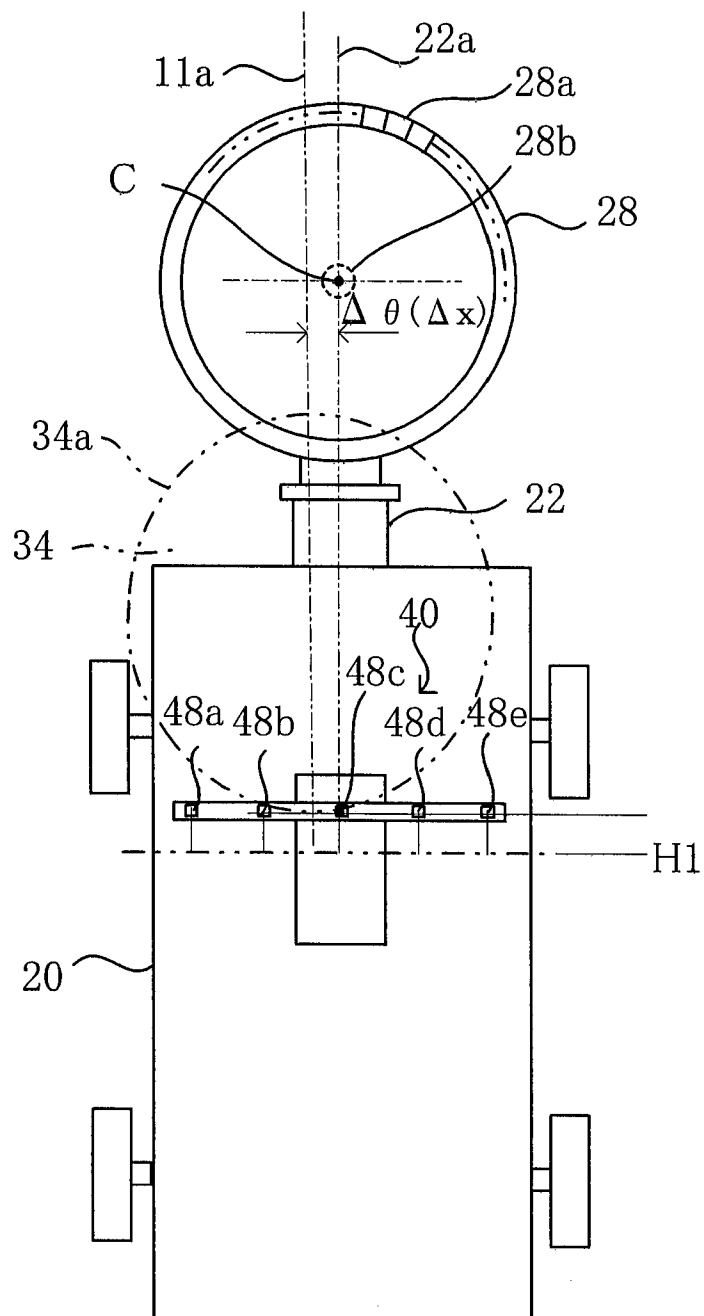
[図10]



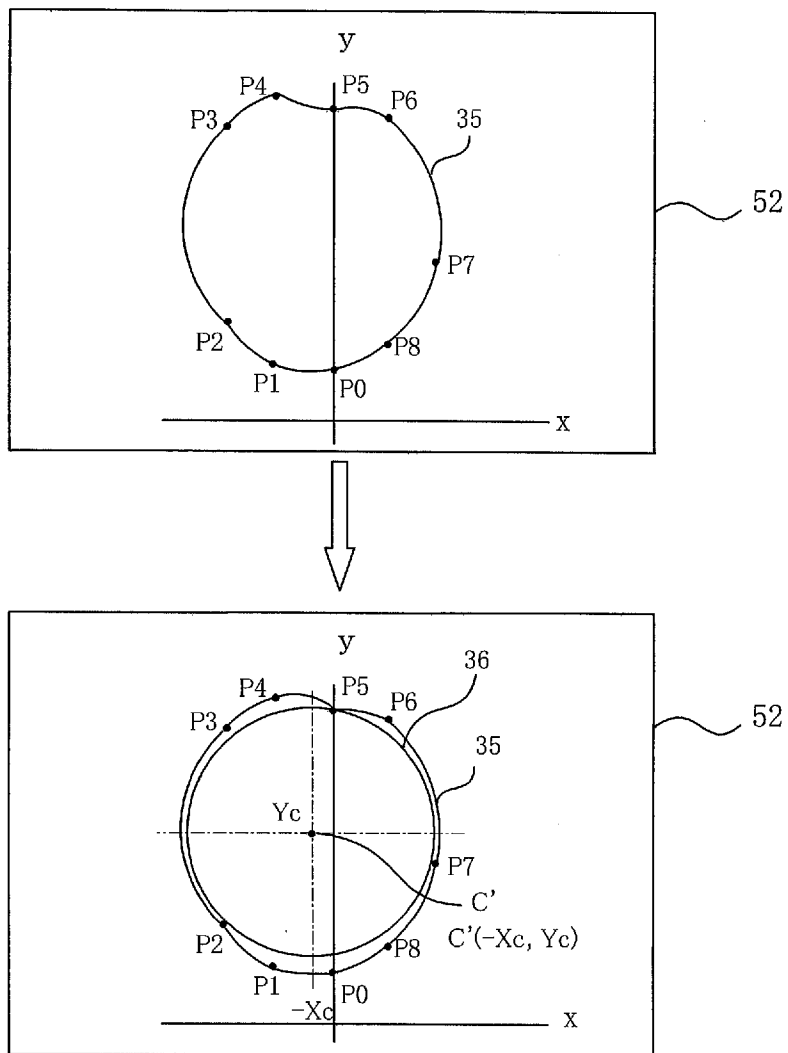
[図11]



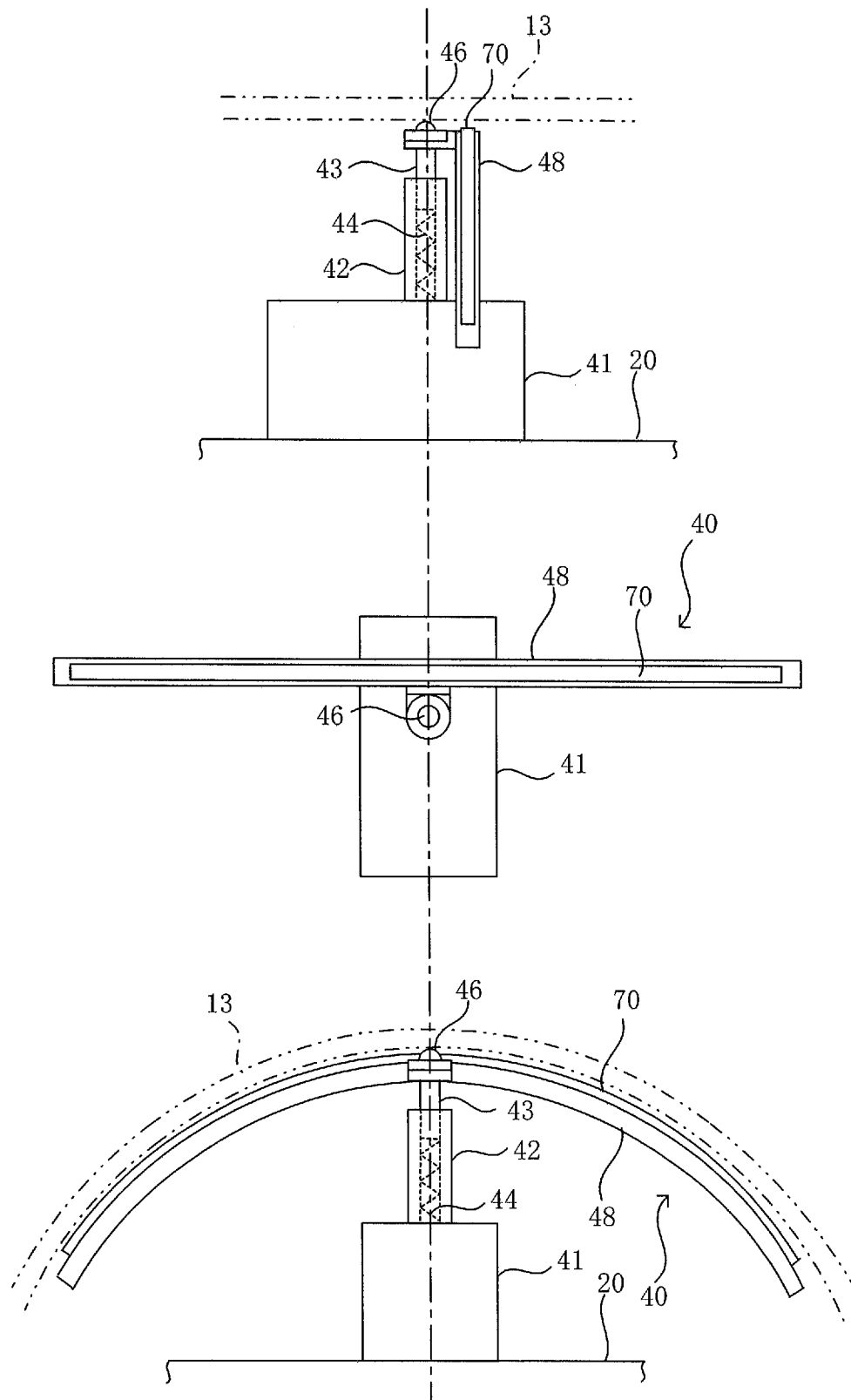
[図12]



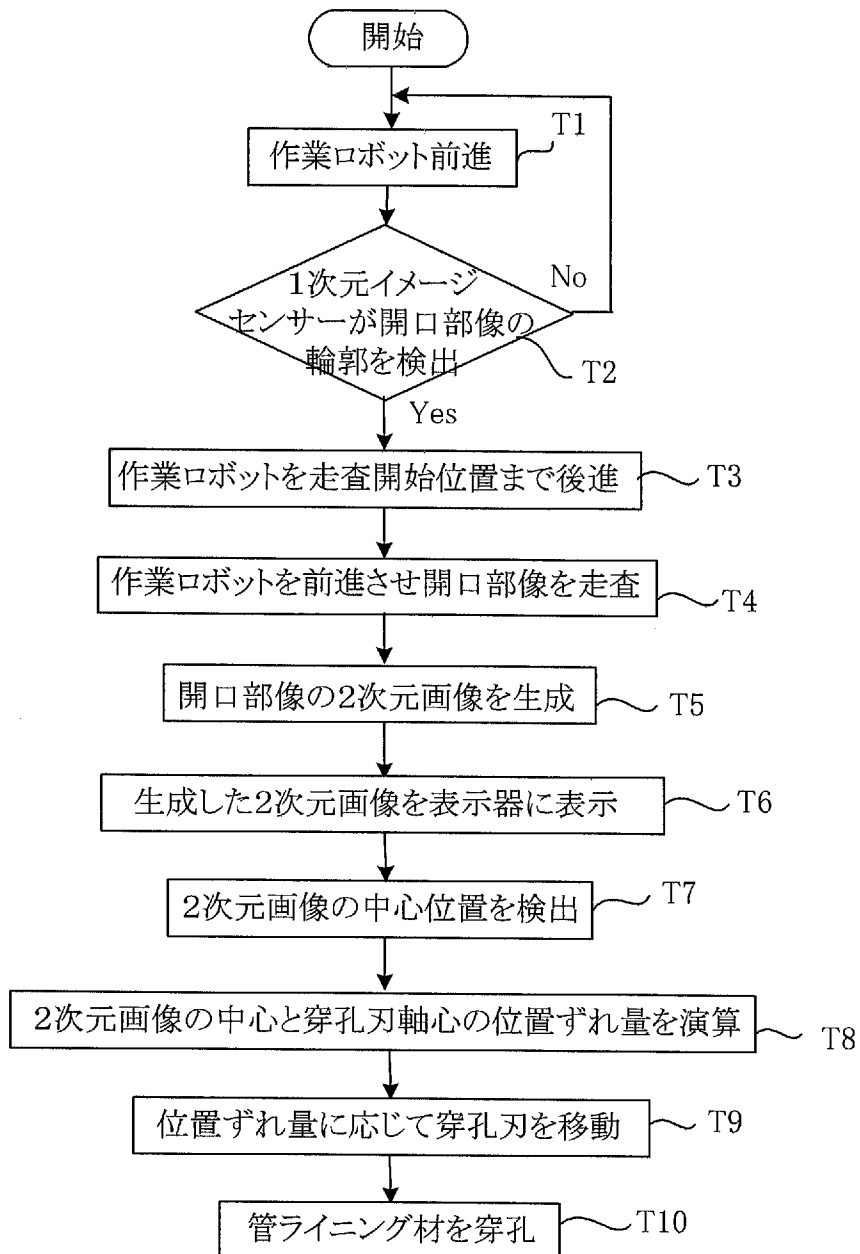
[図14]



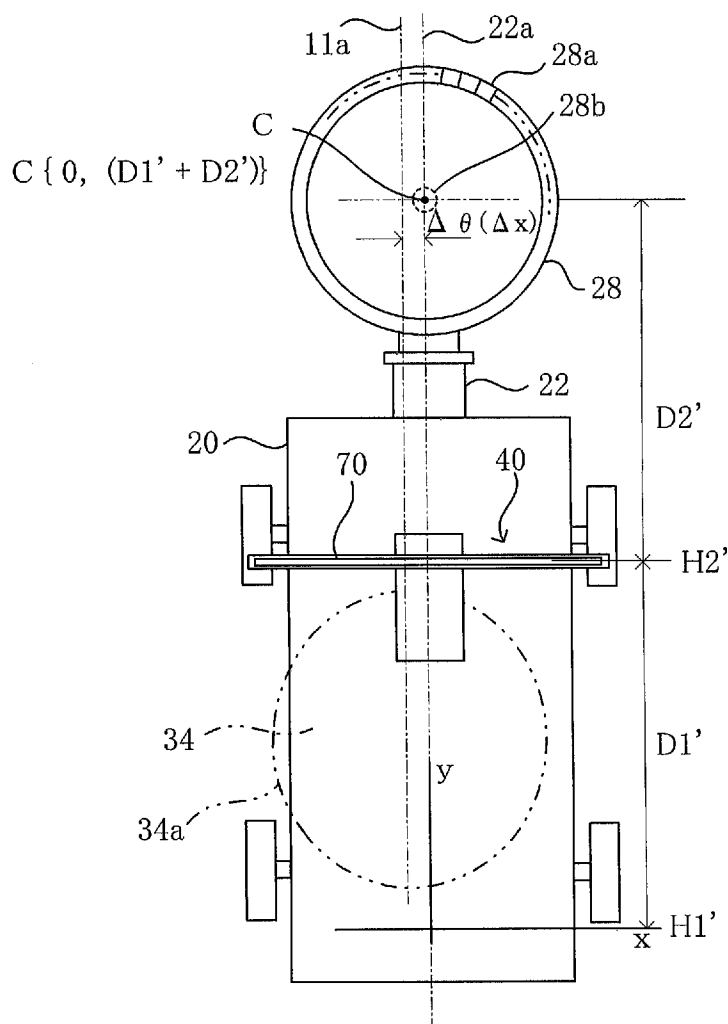
[図15]



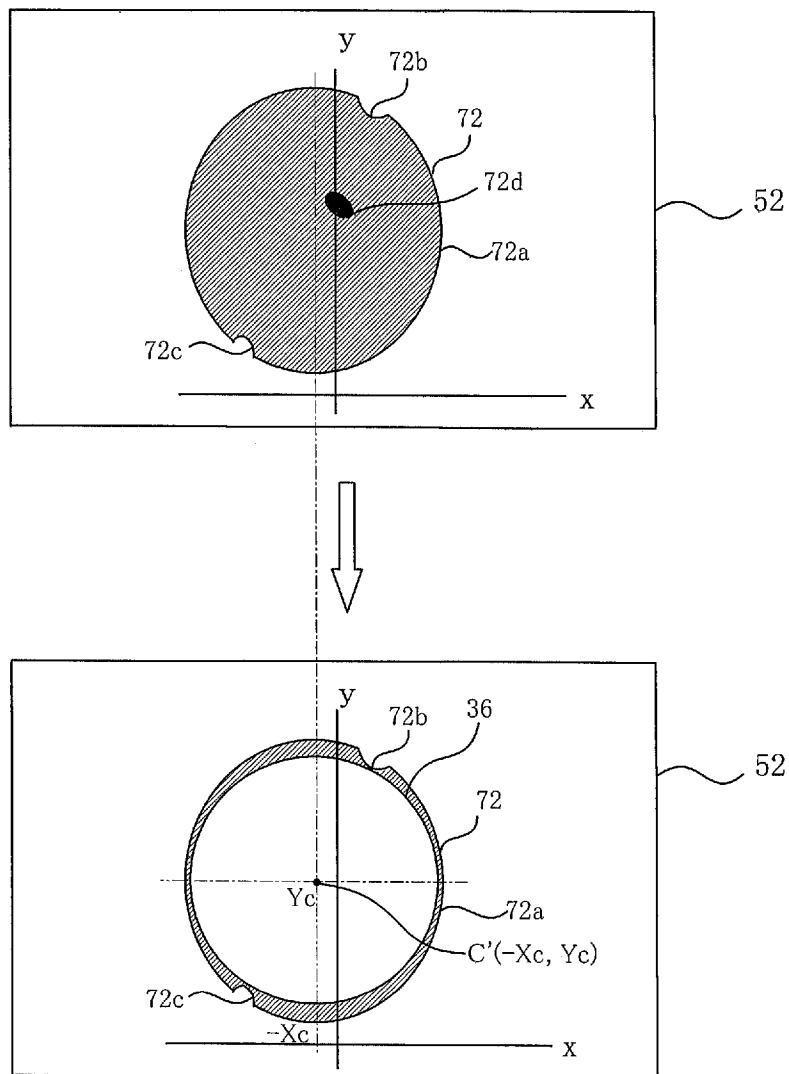
[図16]



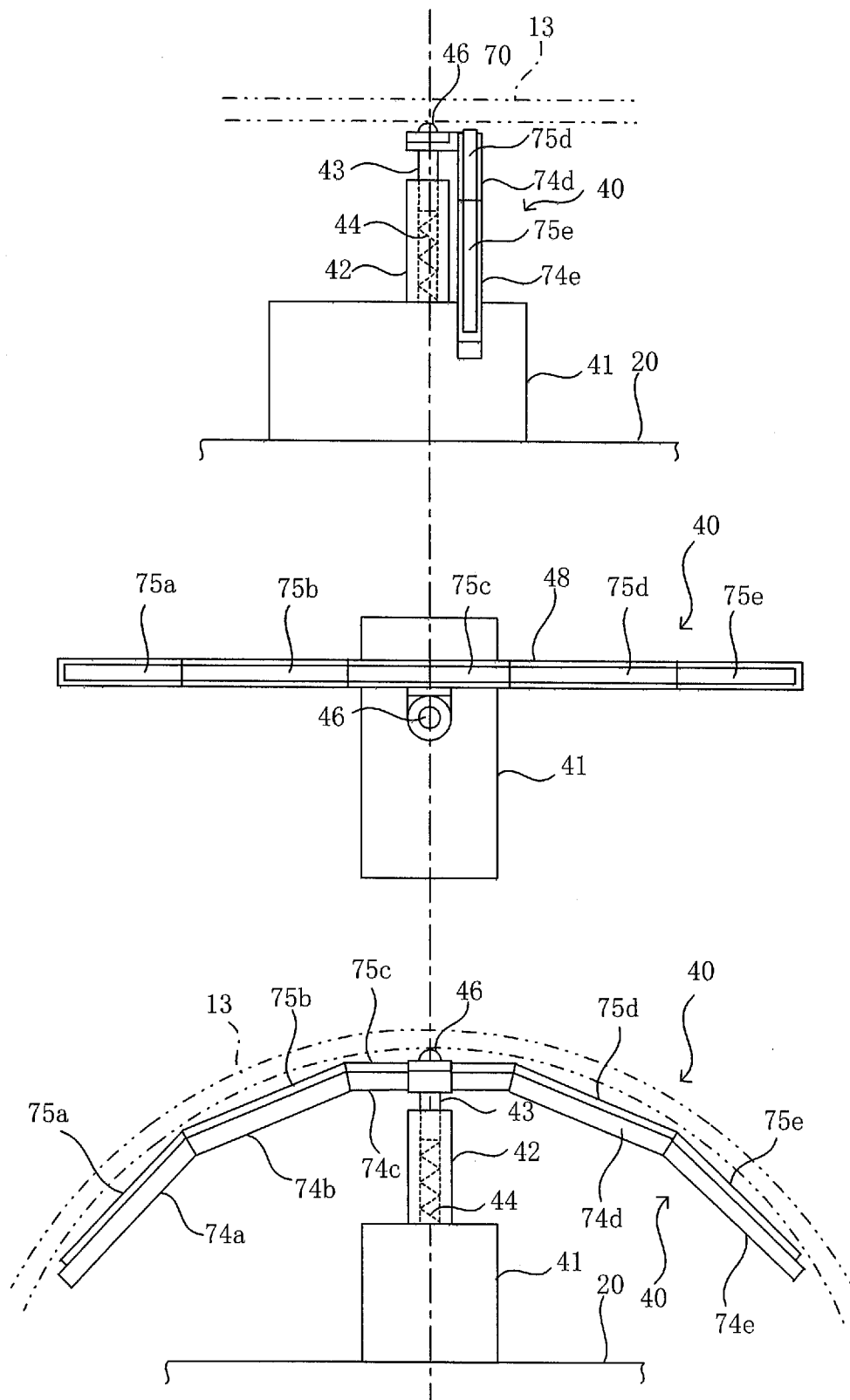
[図17]



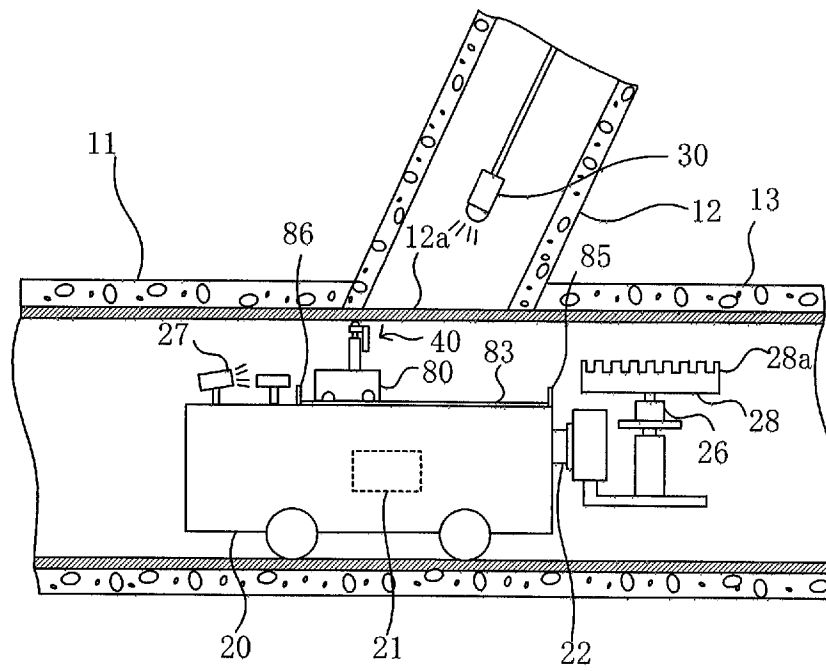
[図18]



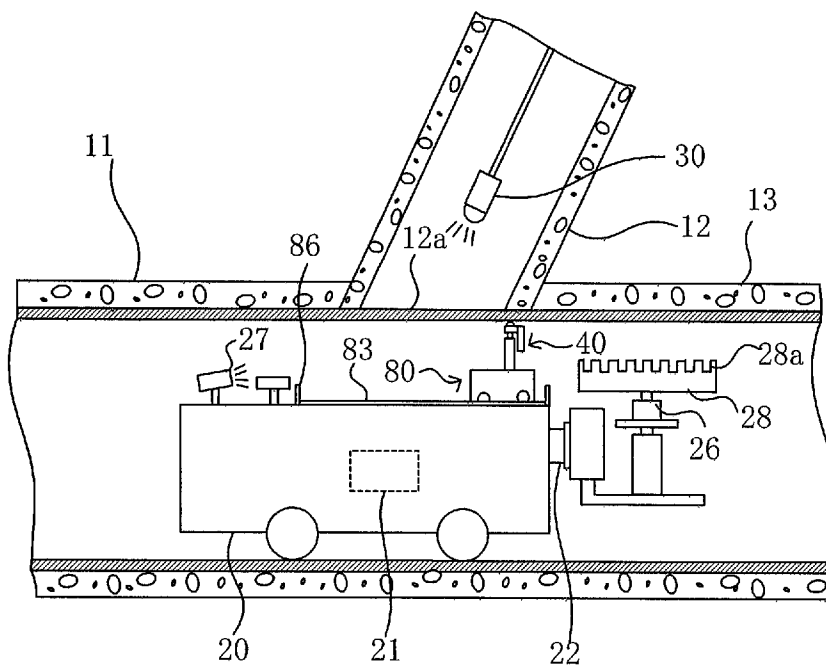
[図19]



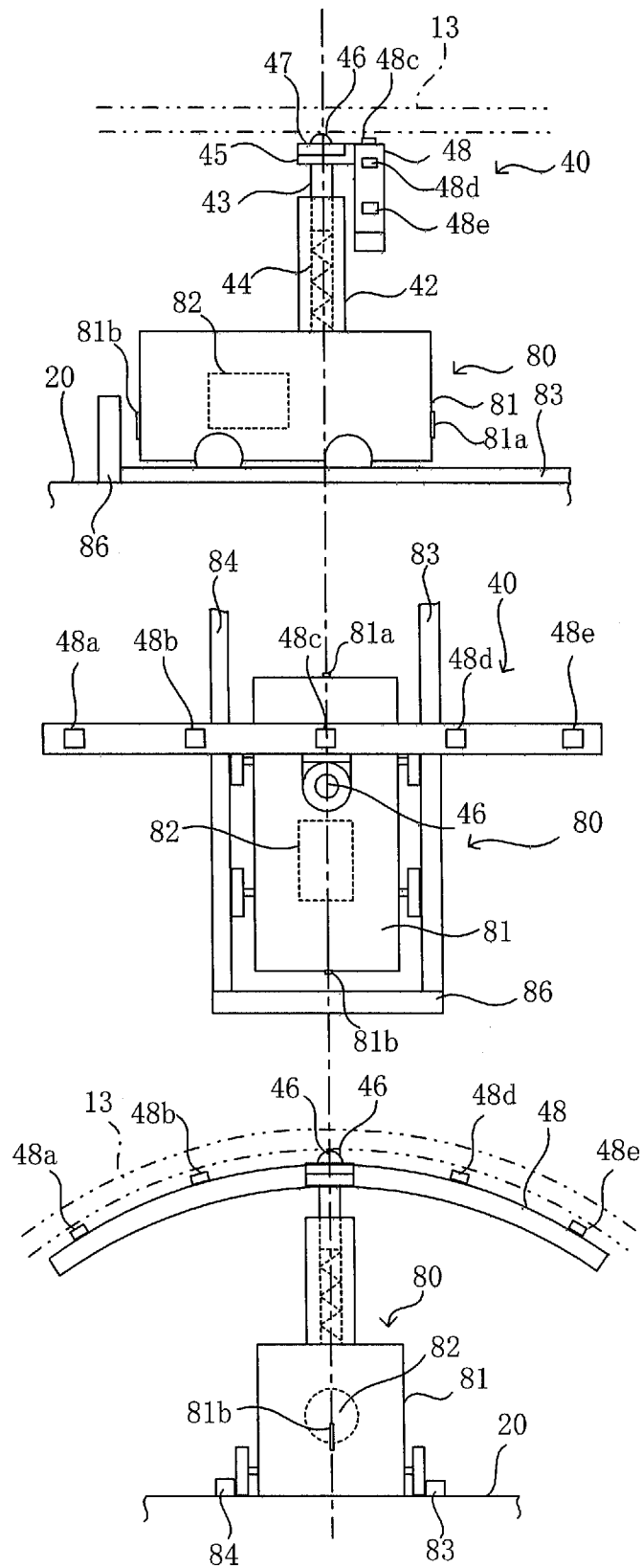
[図20]



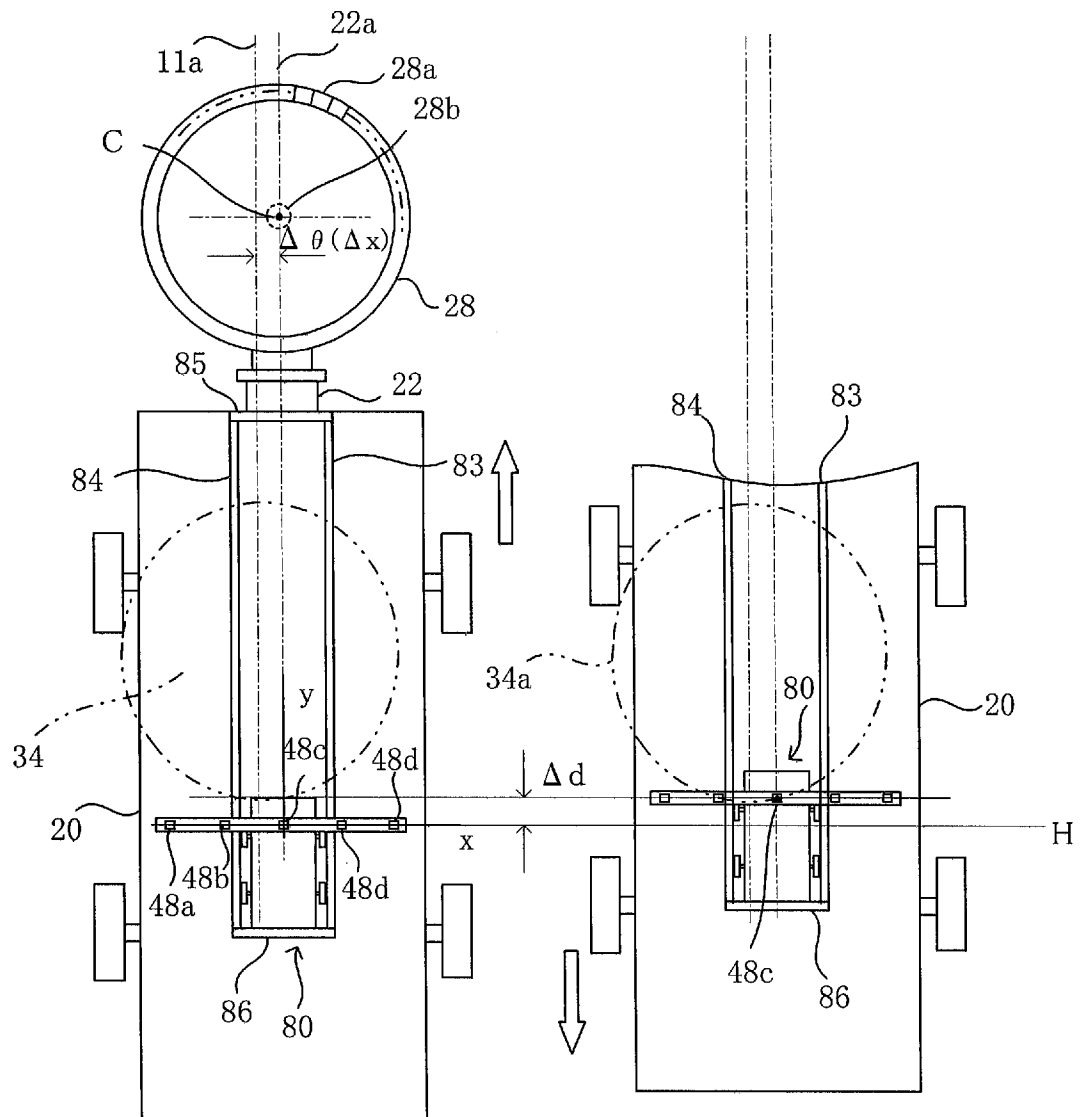
[図21]



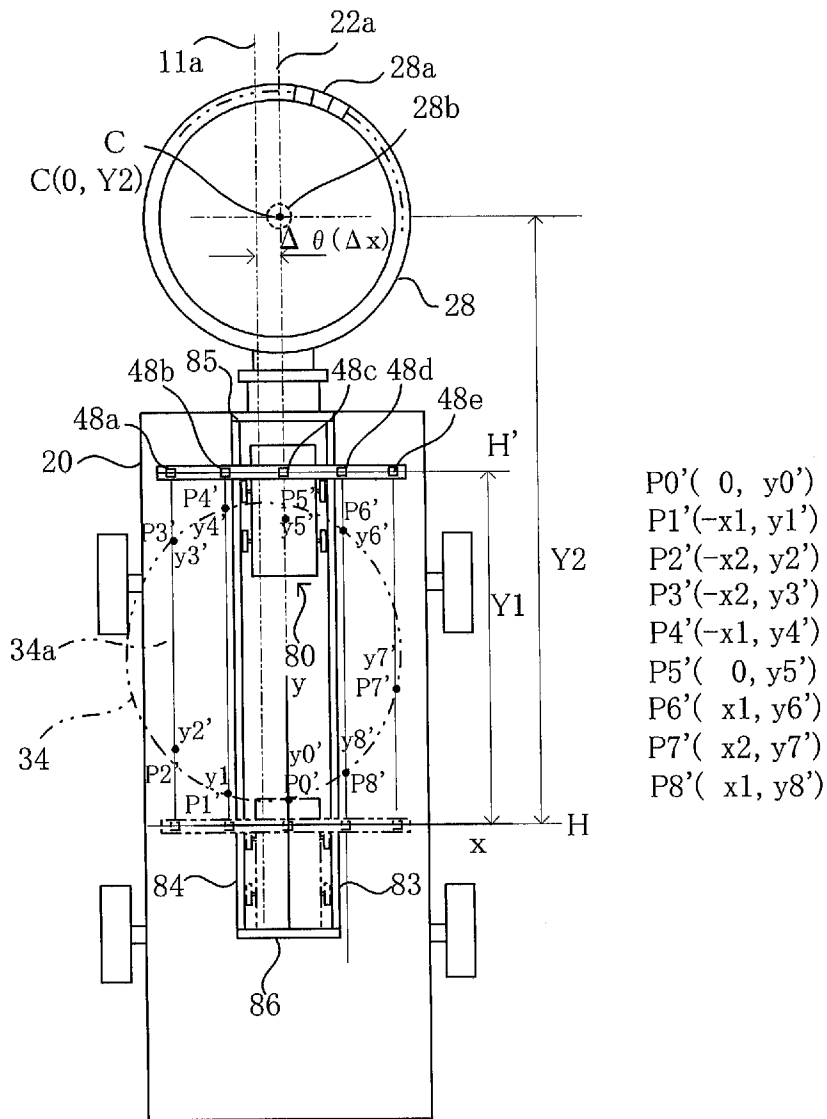
[図22]



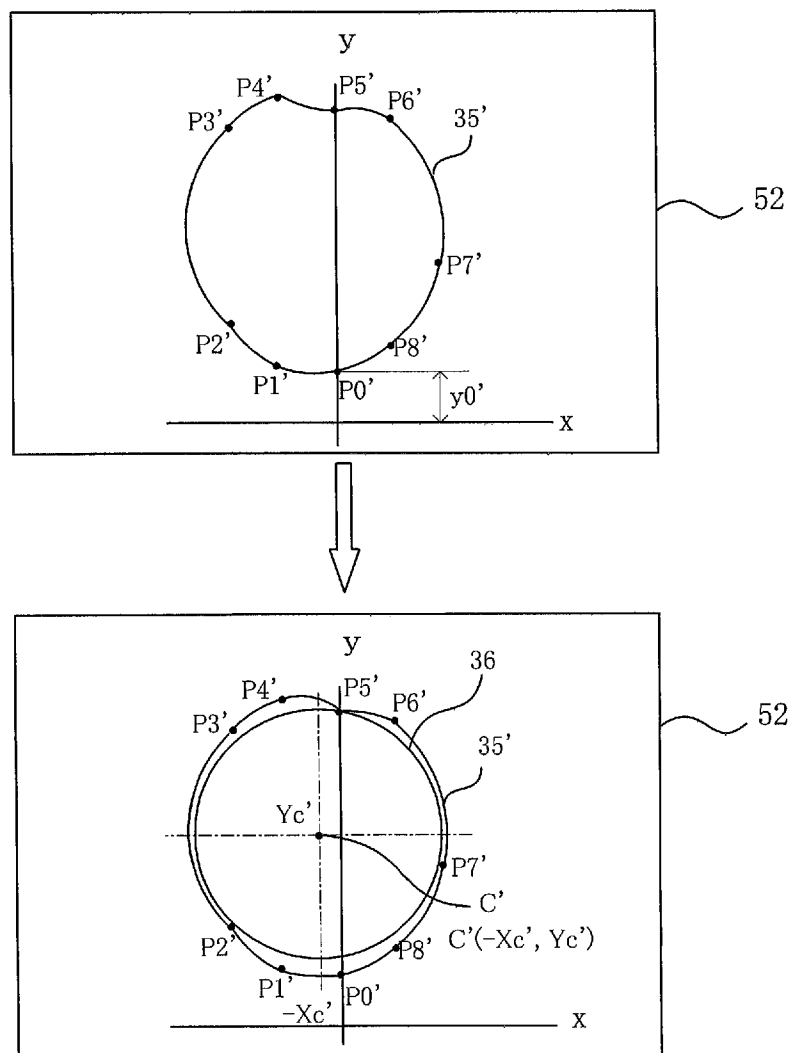
[図23]



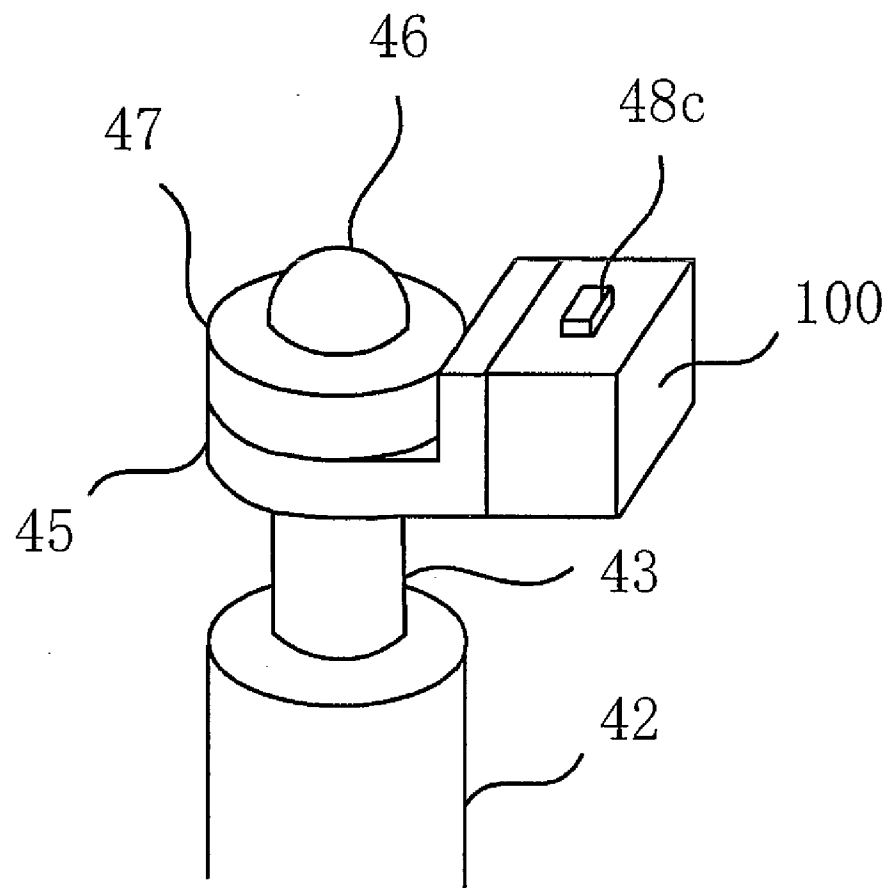
[図24]



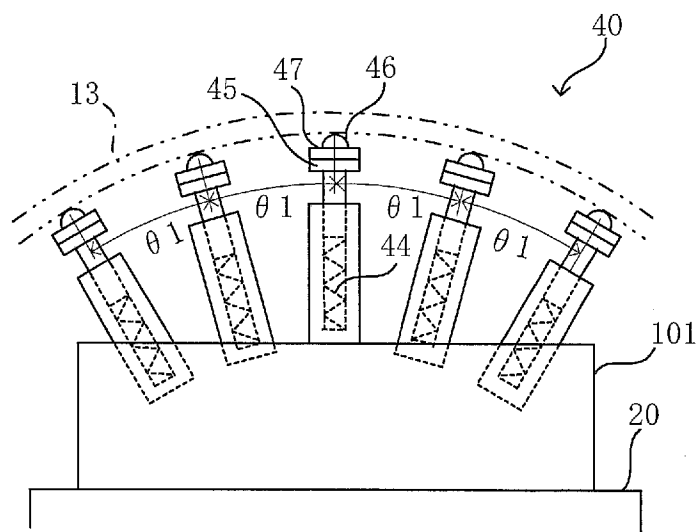
[図25]



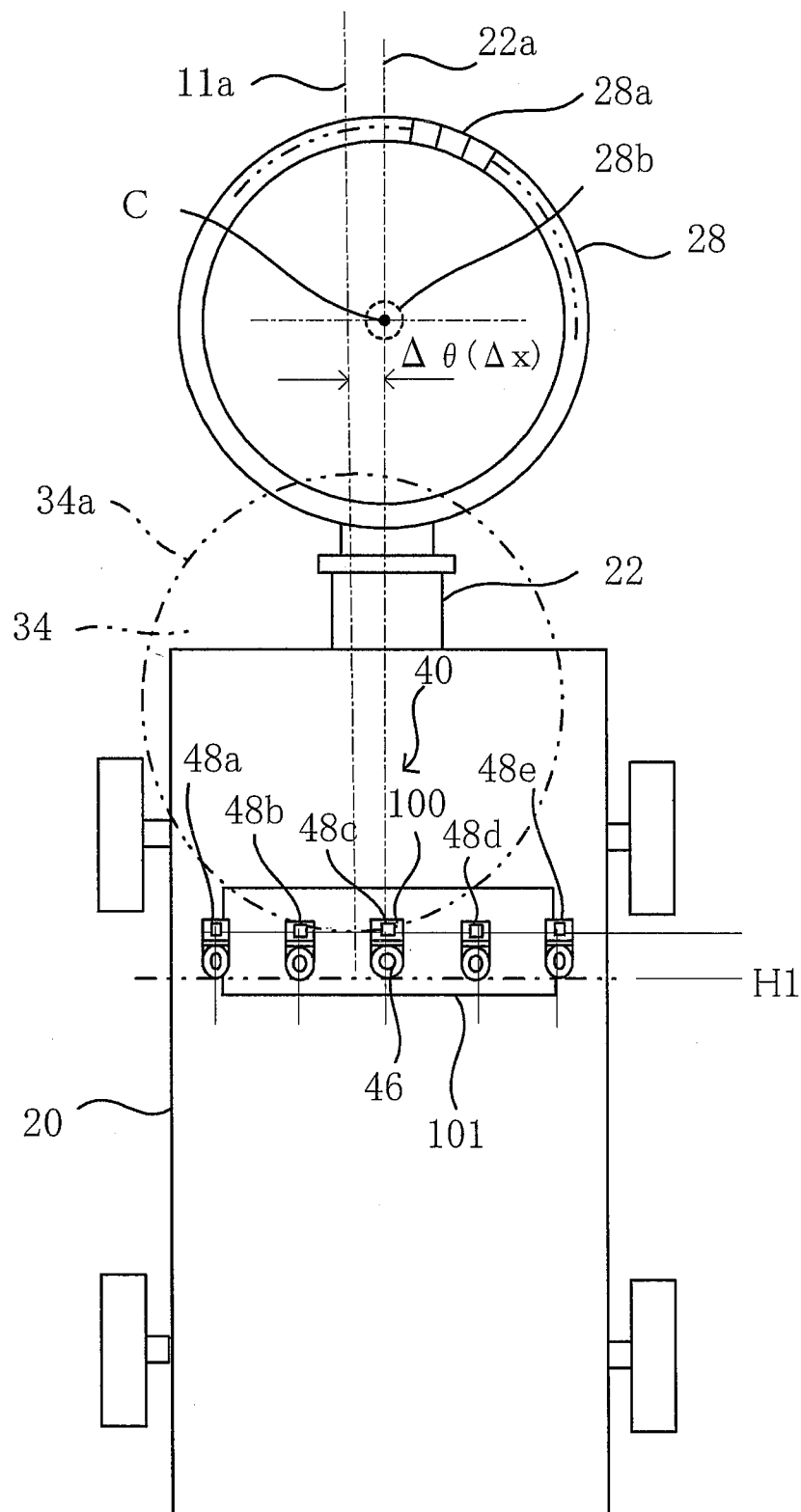
[図26]



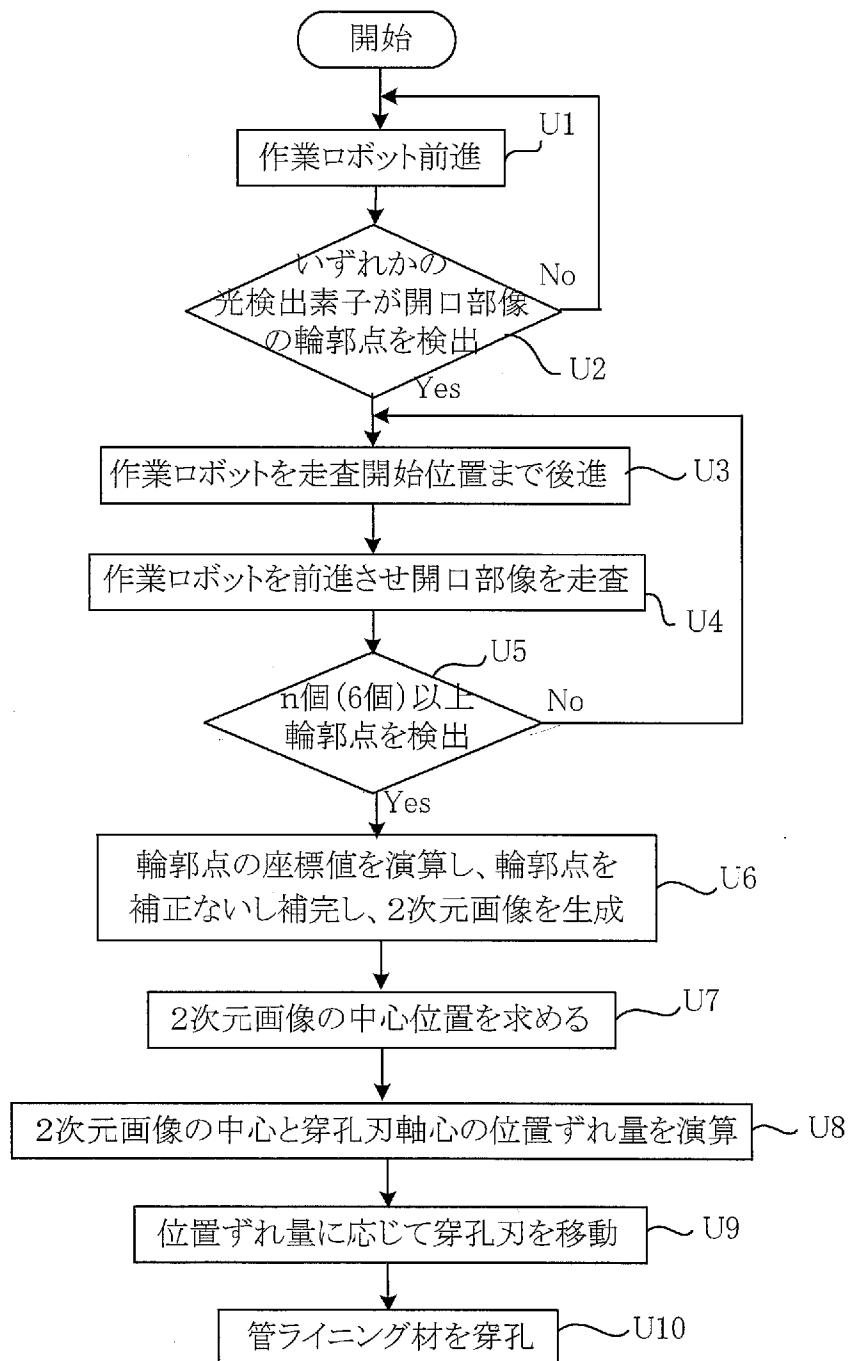
[図27]



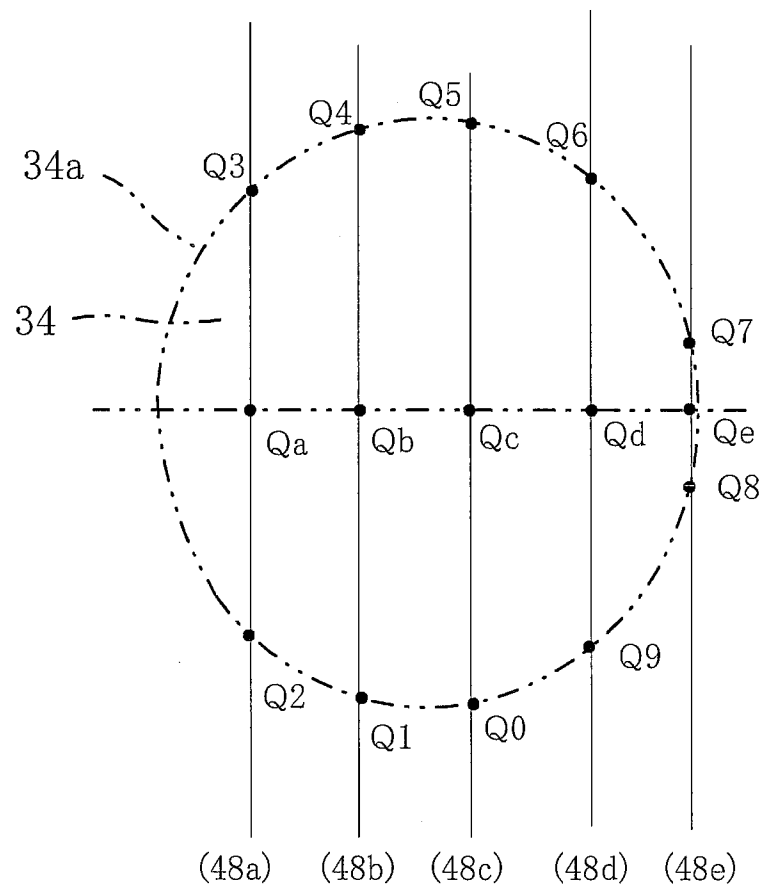
[図28]



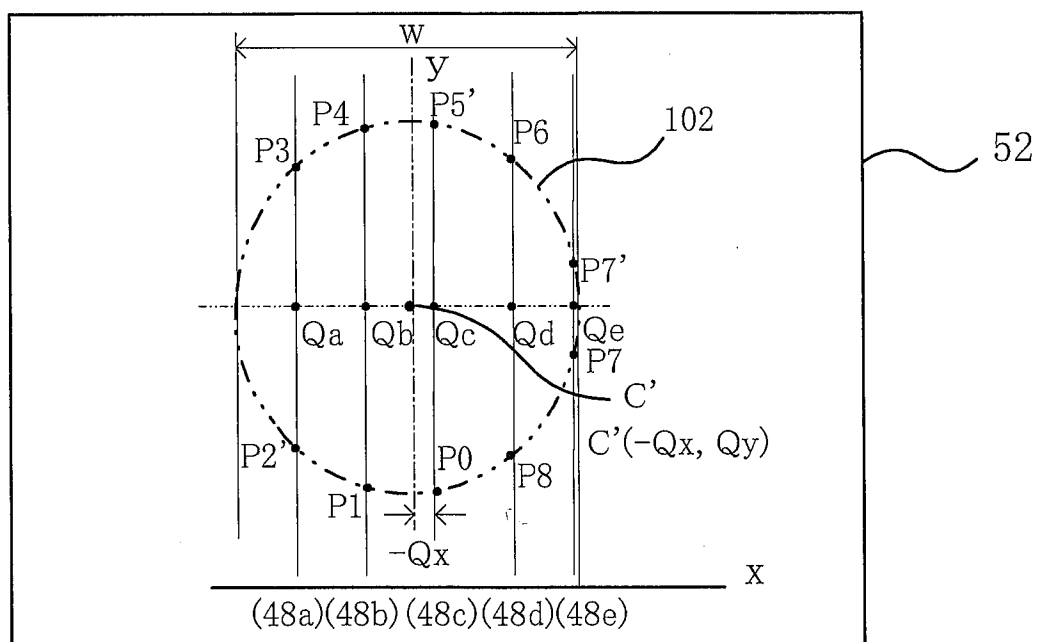
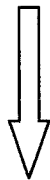
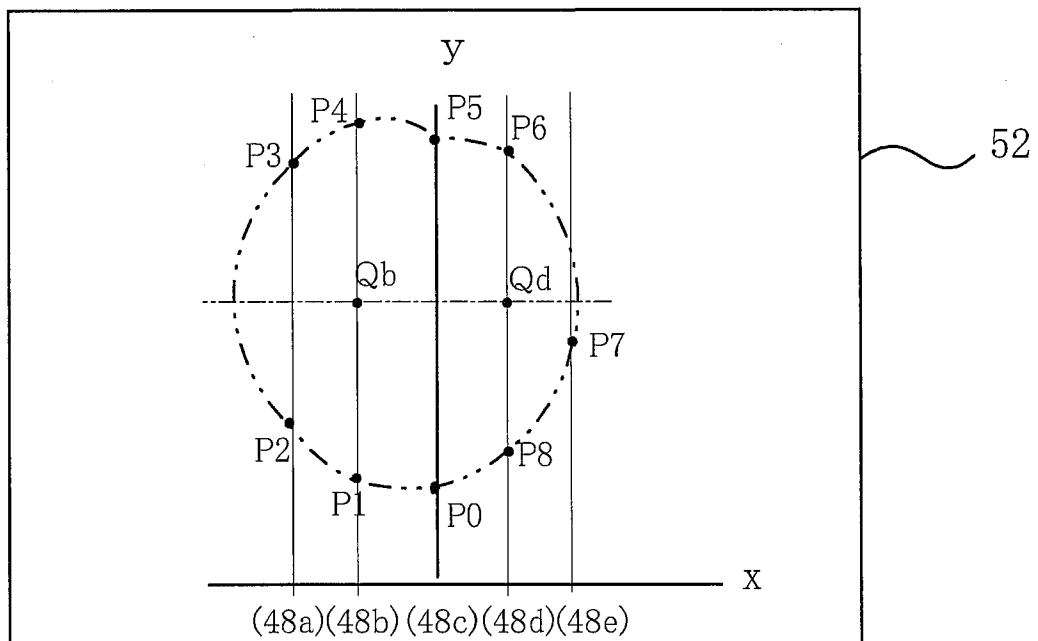
[図29]



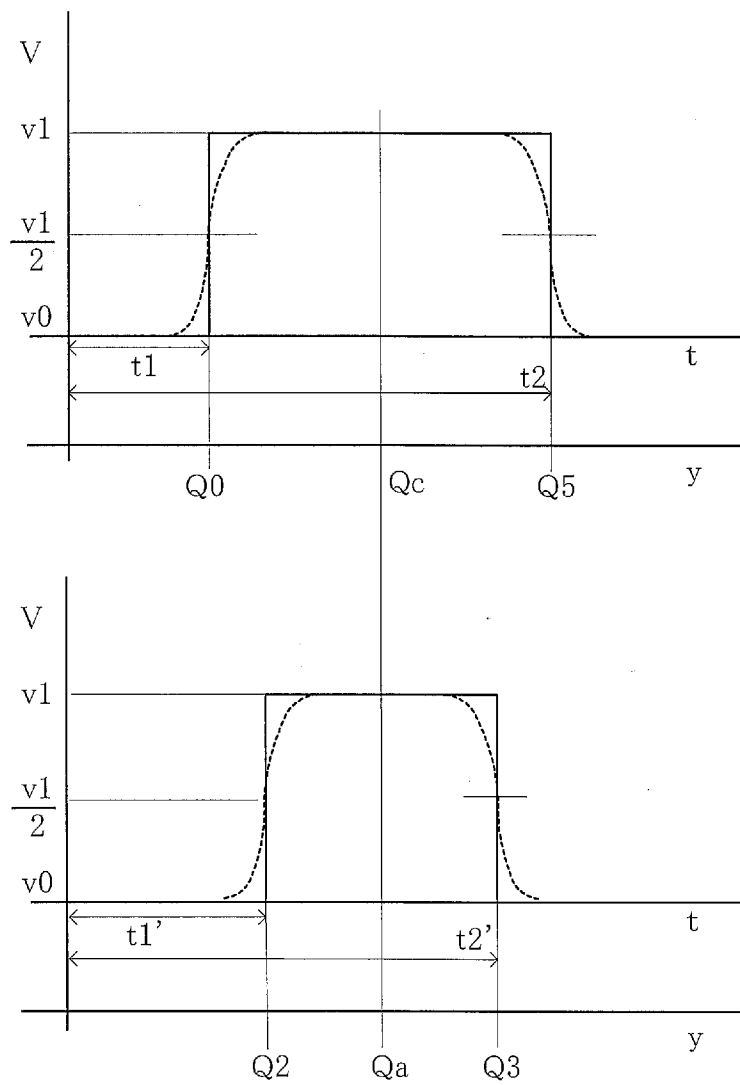
[図30]



[図31]



[図32]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/012789

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B26D5/34(2006.01)i, B26D1/44(2006.01)i, B26D3/00(2006.01)i, B26D5/02(2006.01)i, B26F1/16(2006.01)i, E03F7/00(2006.01)i, F16L55/26(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)

B26D5/34, B26D1/44, B26D3/00, B26D5/02, B26F1/16, E03F7/00, F16L55/26, B29C63/34

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.
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 21591/1987(Laid-open No. 176007/1988) (Nippon Kokan Koji Kabushiki Kaisha), 15 November 1988 (15.11.1988), page 7, line 15 to page 9, line 7; fig. 4 (Family: none)	1-9
A	GB 2091611 A (INSITUFORM INTERNATIONAL INC.), 04 August 1982 (04.08.1982), page 2, left column, lines 18 to 63; fig. 1 to 4 (Family: none)	1-9

☒ 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
06 June 2017 (06.06.17)

Date of mailing of the international search report
20 June 2017 (20.06.17)

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/JP2017/012789

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 2002-22062 A (Tokyo Gas Co., Ltd.), 23 January 2002 (23.01.2002), entire text; all drawings (Family: none)	1-9
A	JP 2008-142827 A (SGC Gesuido Center Kabushiki Kaisha), 26 June 2008 (26.06.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1-9
A	JP 2-154891 A (Sekisui Chemical Co., Ltd.), 14 June 1990 (14.06.1990), entire text; all drawings & WO 1989/007223 A1 entire text; all drawings & US 4951758 A & EP 326412 A1 & AU 2943789 A & DK 473389 A & CA 1301084 C & ES 2028752 T1	1-9

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. B26D5/34(2006.01)i, B26D1/44(2006.01)i, B26D3/00(2006.01)i, B26D5/02(2006.01)i, B26F1/16(2006.01)i, E03F7/00(2006.01)i, F16L55/26(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. B26D5/34, B26D1/44, B26D3/00, B26D5/02, B26F1/16, E03F7/00, F16L55/26, B29C63/34

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
A	日本国実用新案登録出願 62-21591 号(日本国実用新案登録出願公開 63-176007 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (日本鋼管工事株式会社) 1988.11.15, 第7ページ第15行-第9ページ第7行, 第4図 (ファミリーなし)	1-9
A	GB 2091611 A (INSITUFORM INTERNATIONAL INC.) 1982.08.04, 第2ページ左欄第18-63行, 図1-4 (ファミリーなし)	1-9

☑ 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

06.06.2017

国際調査報告の発送日

20.06.2017

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)

石川 健一

3 P

3507

電話番号 03-3581-1101 内線 3363

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 2002-22062 A (東京瓦斯株式会社) 2002.01.23, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-9
A	JP 2008-142827 A (エスジーシー下水道センター株式会社) 2008.06.26, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-9
A	JP 2-154891 A (積水化学工業株式会社) 1990.06.14, 全文, 全図 & WO 1989/007223 A1 全文, 全図 & US 4951758 A & EP 326412 A1 & AU 2943789 A & DK 473389 A & CA 1301084 C & ES 2028752 T1	1-9