

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-209391

(P2019-209391A)

(43) 公開日 令和1年12月12日(2019.12.12)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B 2 5 J 17/00 (2006.01)	B 2 5 J 17/00	Z 3 C 7 0 7
B 2 5 J 19/00 (2006.01)	B 2 5 J 19/00	C 3 J 0 5 9
F 1 6 F 1/06 (2006.01)	F 1 6 F 1/06	Z

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2018-104741 (P2018-104741)
 (22) 出願日 平成30年5月31日 (2018.5.31)

(71) 出願人 504180239
 国立大学法人信州大学
 長野県松本市旭三丁目1番1号
 (72) 発明者 岩本 憲泰
 長野県上田市常田三丁目15番1号 国立
 大学法人信州大学繊維学部内
 (72) 発明者 西川 敦
 長野県上田市常田三丁目15番1号 国立
 大学法人信州大学繊維学部内
 (72) 発明者 柴田 誠
 長野県上田市常田三丁目15番1号 国立
 大学法人信州大学繊維学部内
 Fターム(参考) 3C707 CU07 CX05 CY31
 3J059 AA03 BA01 BB10 BC06 BD01
 CA01 DA12 GA50

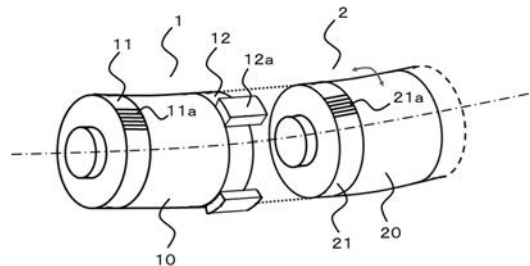
(54) 【発明の名称】 回転制限機構および三次元線状可変剛性機構

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】柔軟性を持つロボットアームとしても使用することができ、伸縮方向も含め任意に曲げた状態を維持できる回転制限機構および三次元線状可変剛性機構を提供する。

【解決手段】胴体部10と、前記胴体部の一端に設けられた第1の接合部11と、前記胴体部の他端に設けられた第2の接合部12を有す回転制限機構1、2であって、前記第2の接合部は他の回転制限機構の第1の接合部と、前記他の回転制限機構との接合面と垂直な軸を中心に回転可能に接合し、前記第2の接合部は前記回転を制限するロック機構12aを有する。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

胴体部と、
 前記胴体部の一端に設けられた第 1 の接合部と、
 前記胴体部の他端に設けられた第 2 の接合部を有す回動制限機構であって、
 前記第 2 の接合部は他の回動制限機構の第 1 の接合部と、前記他の回動制限機構との接
 合面と垂直な軸を中心に回動可能に接合し、
 前記第 2 の接合部は前記回動を制限するロック機構を有する、回動制限機構。

【請求項 2】

前記第 1 の接合部には前記胴体部に粗面が設けられ、第 2 の接合部には、前記他の回動
 制限機構の第 1 の接合部に対して脱着可能な粗面が設けられた、請求項 1 記載の回動制限
 機構。

10

【請求項 3】

前記粗面は前記回動の方向に周期構造を有す凹または凸形状であることを特徴とする請
 求項 1 または請求項 2 の何れかに記載の回動制限機構

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のいずれかに記載の回動制限機構を複数有し、前記複数の回動制限機構
 をらせん状に接続して成る可変剛性部と、
 前記可変剛性部の一端に設けられた第 1 の終端部と、
 前記可変剛性部の他端に設けられた第 2 の終端部と、
 前記第 1 の終端部と前記第 2 の終端部を連結する弾性部材とを有する、三次元線状可変
 剛性機構。

20

【請求項 5】

前記可変剛性部は径が伸縮する中空チューブで覆われていることを特徴とする請求項 4
 記載の三次元線状可変剛性機構。

【請求項 6】

前記中空チューブは収縮したときに、各回動制限機構の第 2 の接合部の粗面をこれと隣
 接する変剛性機構の第 1 の接合部の粗面に圧着させることを特徴とする、請求項 5 記載の
 三次元線状可変剛性機構。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、シンプルで小型化に適した構造を有し、柔と硬の 2 つの状態を切り替えるこ
 とができる回動制限機構およびこれを用いた三次元線状可変剛性機構に関する。

【背景技術】

【0002】

柔軟に変形するアーム（柔軟梁）を持つロボットは環境に適応可能で、特に線形状のア
 ームを持つロボットは限られた空間で複雑な姿勢をとることが可能である。しかし、柔軟
 な部材で構成されたロボットアームは環境からの力によって変形しやすく、力を要するタ
 スクを実行することが難しい。そこで、アームとして、柔軟な状態から硬直した状態に変
 化することができる可変剛性機構を使用する研究が数多く行われている。

40

【0003】

可変剛性機構としては、例えば、鋸歯状リンクとペローズチューブを密封し、減圧する
 ことで鋸歯状リンクとペローズチューブが噛合い、形状を保存する機構が提案されている
 （非特許文献 1）。他にも、チューブの各セグメントに長手方向にスライドする鋸歯のつ
 いたスライダとセグメントに固定された鋸歯を取り付け、これらが噛合うことで形状を
 保存する機構など、幾つかの機構が紹介されている（非特許文献 2）。また、MR 流体が
 磁界によって固化する現象を利用した伸縮方向に変形が可能な可変剛性ばねが提案されて
 いる（特許文献 1）。

50

【0004】

また、前記先行技術とは異なるアプローチで、より人間に近いソフトな動作が可能な関節動作を機械に実行させるためのメカニズムが研究されている（非特許文献3）。すなわち、人間の肩関節は、例えばボールジョイントのような1つの点を中心に四方に回転する単純なものではなく、関節が曲がる際に回転中心が移動するものであることから、この運動を回転機構とジョイントより成るメカニズムおよびこれらの制御方法により実現した技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2009-138893号公報

【非特許文献】

【0006】

【非特許文献1】左思洋、他、“低侵襲体内深部手術用金属製柔軟可変ガイド管の開発およびin vivoによる臨床有用性評価”、JJSCAS、vol.14、no.1、2012

【非特許文献2】Arjo J. Loeve, et al. “Scopes Too Flexible... and Too Stiff”、IEEE PULSE、2010

【非特許文献3】M. Okada et al., “Development of the Cybernetic Shoulder - A Three DOF Mechanism that Imitates Biological Shoulder Motion -”, Proc. of IEEE/RSJ International Conference on IROS, vol.2, pp.543-548, 1999.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、非特許文献1の技術においては、X方向に回転する鋸歯状リンクとY方向に回転する鋸歯状リンクをチューブの中に交互に設ける構成になっており、その変形は2軸方向に限られる。また、非特許文献2の技術においては、任意の方向に曲げた状態で管を固定することはできるが、伸び縮みの方向にチューブを変形させて固定することはできない。また、非特許文献3に開示された技術は人間の肩の動きに特化した用途には効果があるが、汎用性の点で課題がある。

【0008】

本発明は、前記課題に鑑み、柔軟性を持つロボットアームとしても使用することができ、伸縮方向も含め任意に曲げた状態を維持できる回転制限機構および三次元線状可変剛性機構を提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本開示の一態様に係る回転制限機構は、胴体部と、前記胴体部の一端に設けられた第1の接合部と、前記胴体部の他端に設けられた第2の接合部を有す回転制限機構であって、前記第2の接合部は他の回転制限機構の第1の接合部と、前記他の回転制限機構との接合面と垂直な軸を中心に回転可能に接合し、前記第2の接合部は前記回転を制限するロック機構を有する。

【0010】

前記第1の接合部には前記胴体部に粗面が設けられ、第2の接合部には、前記他の回転制限機構の第1の接合部に対して脱着可能な粗面が設けられてもよい。

【0011】

前記粗面は前記回転の方向に周期構造を有す凹または凸形状であってもよい。

【0012】

10

20

30

40

50

本開示の一態様に係る三次元線状可変剛性機構は、前記複数の回動制限機構をらせん状に接続して成る可変剛性部と、前記可変剛性部の一端に設けられた第1の終端部と、前記可変剛性部の他端に設けられた第2の終端部と、前記第1の終端部と前記第2の終端部を連結する弾性部材とを有する。

【0013】

前記可変剛性部は径が伸縮する中空チューブで覆われていてもよい。

【0014】

前記中空チューブは、収縮したときに、各回動制限機構の第2の接合部の粗面をこれと隣接する可変剛性機構の第1の接合部の粗面に圧着させてもよい。

【発明の効果】

【0015】

本開示の一態様によれば、隣接する回動制限機構が相対的に所定の角度を回動することにより、らせん状の可変剛性部を伸縮も含めて任意に変形させることが可能であり、さらにその状態で第2の接合部の粗面およびこれと隣接する回動制限機構の接合部の粗面とを圧着することで、その摩擦力により個々の回動制限機構の回動角が、さらにはらせん状の可変剛性部全体の形状が固定される。その結果、状況に応じて形状と剛性を変えられる三次元線状可変剛性機構を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本開示の一態様の三次元線状可変剛性機構の側面図

【図2】本開示の一態様の回動制限機構の斜視図

【図3】本開示の一態様の三次元線状可変剛性機構のシミュレーション図

【図4】本開示の一態様の三次元線状可変剛性機構のシミュレーション図

【図5】本開示の実施例1の回動制限機構の側面図、上面図、および斜視図

【図6】本開示の実施例1の回動制限機構（2連結）の斜視図

【図7】本開示の実施例1の三次元線状可変剛性機構の斜視図

【図8】本開示の実施例2の三次元線状可変剛性機構の動作説明図

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、本開示の一態様に係る実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0018】

図1に本開示の一態様に係る実施の形態（以下、本実施の形態）における三次元線状可変剛性機構の側面図を示す。図1において、1、2はそれぞれ回動制限機構であり、他の回動制限機構とともに互いに連結してらせん（コイル）状の可変剛性部3を形成する。可変剛性部3の一端には終端部5が、他端には終端部6が、それぞれ設けられている。図1では上面図は省略されているが、終端部5と終端部6はそれぞれ円盤状であってもよい。終端部5と終端部6は形状維持のため弾性部材4によって連結されている。

【0019】

回動制限機構1および2の斜視図を図2に示す。図2において、回動制限機構1は胴体部10と、胴体部10の一端に設けられた第1の接合部11と、他端に設けられた第2の接合部12とを有する。第1の接合部12はこれと接合する回動制限機構2の第1の接合部21と接合する。ここで、接合部分は、両者の接合面と垂直な軸を中心に回動（ねじり）可能であるとする。例えば第1の接合部には円柱状の凸部を、第2の接合部には円柱状の凹部（図示せず）を設けてもよい。なお、回動制限機構の中心軸（図中一点鎖線）は所定の半径で湾曲しており、複数の回動制限機構を連結したとき、図1に示すようなスパイラル形状になる。なお、前記所定の半径はすべての回動制限機構で固定であってもよいし、連続的に変化したものであってもよい。

【0020】

第2の接合部（12）はこれと接合する回動制限機構2の回動を制限するロック機構12aを有する。ロック機構は複数あってもよい。本実施の形態においては、第2の接合部

10

20

30

40

50

に対峙する第1の接合部には胴体部に粗面(11a、21a)が設けられる。粗面は、回動の方向に周期構造を有す凹または凸形状の微細構造(例えば山形の溝)であってもよい。またこの粗面は胴体部を直接加工したものであってもよい。ロック機構12aは回動制限機構2の第1の接合部21に設けられた粗面21aと任意に接触および離脱することができる機構を有し、さらに、粗面21aとの接触面には粗面21aと同様の、または粗面21aに対応する粗面が設けられている。

【0021】

すなわち、ロック機構12aが粗面21aから離れれば(以降、ロックオフ)、回動制限機構2は回動制限機構1に対して回動自由となり、ロック機構12aが粗面21aに接触すれば(以降、ロックオン)、互いの噛合により回動は制限される。ロックオフとロックオンの切り替えは電磁アクチュエータで行ってもよいし、空気圧、水圧、もしくは油圧を利用してもよい。

【0022】

また、らせん状の可変剛性部3を構成するすべての回動制限機構の中心軸を貫通するように、らせん状(コイル状)の金属バネを通してもよい。このようにすると、ロックオフ状態のとき、各回動制限機構は負荷として作用せず、中心部を貫通する金属バネの性質(バネ係数、粘性、等)そのものが可変剛性部3の特性として現れる。なお、ロックオフのときに弾性を示す部材としては前記中心部を貫通する金属バネに限らず、各接合部に弾性部材を設けたものであってもよい。また、各回動軸にねじりバネまたはコイルバネを組み込んだものであってもよい。

【0023】

ここで、終端部5と終端部6を介して、可変剛性部3の圧縮方向に力を加えると、連結された回動制限機構はそれぞれ回動方向(ねじり方向)にトルクを受け、ロックオフ状態では隣接する回動制限機構に対して、所定の角度だけ回動する。また、可変剛性部3の伸長方向に力を加えると、上記とは逆向きのトルクが発生し、上記とは反対方向に回動制限機構は回動する。さらに、可変剛性部3に対し曲げ方向に力を加えた場合、曲げの内側と外側で逆方向のトルクが発生し、内側と外側の回動制限機構はそれぞれ逆方向に回動する。

【0024】

このように、可変剛性部3のいかなる伸縮および曲げによる変形に対しても、各回動制限機構は回動(ねじり)の向きと大小のみで対応することができる。一例として、図3と図4に、アンロック状態の三次元線状可変剛性機構に対し曲げ方向に外力を加えたときに生じる変形のシミュレーション結果を示す。図3は回動断面が螺旋接線方向を法線として持つ回動制限機構を用いた場合の結果を示す。図4はニュートラル状態で回動断面が弾性部材4の接線方向と平行になるよう、胴体部の中ほどでわずかに段差を持たせた回動制限機構を用いた場合の結果を示している。それぞれの図において(a)は側面方向から見た場合を、(b)は斜め上方向から見た場合を示す。いずれも回動制限機構1、2は連結してらせん状の可変剛性部3をなし、しかも各回動制限機構はねじり方向にのみ自由度を持つ設計とした。前者(図3)に比べ、後者(図4)における可変剛性部3(コイルバネ)は、間隔がより均等になるように変形していることが判る。

【0025】

ここで、可変剛性部3を含む三次元線状可変剛性機構が任意の形状にあるとき、ロックオン状態にすれば、この任意の形状を固定することができる。ロックオン状態は、回動制限機構1のロック機構(12a)の粗面が回動制限機構2の粗面(21a)と接触し、両者の間に噛合が発生したときに生じる。

【0026】

以上、本実施の形態によれば、互いにねじり方向にのみ回動自由度を持つ複数の回動制限機構を連結して、らせん形状の可変剛性部3としたことにより、全体として伸縮および曲げ方向に形状自由度を持ち、しかも任意の形状のまま剛性を高め、前記形状を保持できる三次元線状可変剛性機構を実現することができる。第1の結合部12および第2の接合

10

20

30

40

50

部 2 1、ロック機構 1 2 a の具体的な構成について、以下の実施例で説明する。

【実施例】

【0027】

(実施例 1)

本実施例では実際に 3 D C A D を用いて設計した回動制限機構と三次元線状可変剛性機構について説明する。まず、図 5 に、3 D C A D を用いて設計した回動制限機構 1 の上面図 (左上)、側面図 (左下)、および斜視図 (右) を示す。図 6 には回動制限機構 1 と回動制限機構 2 を連結した状態を、さらに図 7 には複数の回動制限機構を連結して設計した三次元線状可変剛性機構を示す。

【0028】

図 5 に示されるように、本実施例において、第 1 の接合部 1 1 は、胴体部の端部を全周に渡って山形状に溝を掘って形成した粗面 (1 1 a) とボルト状のプラグより成る。一方、第 2 の接合部 1 2 側には、このプラグと形状を合わせたレセプタクルが設けられ (図 5 右図)、これらプラグとレセプタクルの対により 1 軸の回動 (ねじり) 方向の自由度を実現している (図 6)。

【0029】

前記粗面の溝のピッチであるが、細かいほど変形の精度は上がるが、細かすぎると外力によるスリップが起きやすくなる。そこで、胴体部の円周に対し 30 ~ 120 本のピッチで溝または歯を形成するのが好ましく、40 ~ 80 本のピッチで形成するのがより好ましい。

【0030】

第 2 の接合部 1 2 には胴体側とヒンジで結合したロック機構 1 2 a が 3 本設けられている。このロック機構 1 2 a の内側 (回動制限機構 2 の粗面 2 1 a と接する側) には、第 1 の接合部の粗面に形成された溝と同じピッチの歯が形成されている。ロック機構 1 2 a が矢印のように変位し、回動制限機構 2 の第 1 の接合部 2 1 の粗面と接触すれば、両者は噛み合っ てロックオン状態となり、ねじり方向の変位は制限される。

【0031】

(実施例 2)

本実施例では、ロックオフからロックオン状態に変位させ、さらにロックオン状態を維持させる具体的な構成について示す。ロックオン状態においては、ロック機構 1 2 a に対して加圧する手段が必要となる。具体的手段として、電磁力を使ったものであってもよいが、本実施例では状態の維持のエネルギーを極力少なくできる空気圧を用いた方法を示す。例えば図 8 に示されるように、回動制限機構を伸縮性のチューブ 6 で被覆し、内部を減圧することによりチューブ 6 を半径方向に収縮させる。その収縮力でロック機構 1 2 a は加圧され、ロックオン状態となる。

【0032】

空気圧を用いる方式では、チューブを膨張させる際にポンプ等でチューブ内に空気を送る必要があり、そのためにエネルギーが消費されるが、アンロック状態までチューブが膨張した段階でチューブの栓を閉じれば、以降ポンプを動作させなくてもアンロック状態を維持することができる。なお、空気圧を用いる以外に、水圧や油圧を用いることもできる。油圧の場合、加圧媒体として、パラフィン油やシリコンオイルを用いてもよい。

【0033】

以上、本実施の形態における実施例について説明した。なお、本実施例においては、ロック機構 1 2 a は胴体部の外側に設け、チューブ 6 による締め付けによりロックオン状態を実現したが、これとは逆に、胴体部の内側に粗面 (1 1 a、2 1 a) とロック機構 1 2 a を設け、内側から粗面 2 1 a を締め上げる構造にしてもよい。

【0034】

また、粗面については、上述のように回動制限機構の側面に設けるものに限定されない。例えば、回動制限機構が他の回動制限機構と接する接合面の一部または全部に粗面を設けてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 5 】

また、本実施の形態では、終端部 5 と終端部 6 はらせん状の可変剛性部 3 の中心付近を通る弾性部材 4 によって連結されているが、この構成に限定されることはない。例えば、終端部 5 と終端部 6 の間に設けられた可変剛性部 3 全体をゴムやシリコン等の弾性を有する樹脂で含浸する構成であってもよい。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 3 6 】

本発明の三次元線状可変剛性機構は、終端部を駆動アクチュエータと連結したロボットアームとして利用することができる。一般に、柔軟梁で構成されたロボットアームはフレキシブルマニピュレータと称され、軽量で高速に制御可能であるが、一方で振動の問題やペイロードの問題が挙げられる。本発明を用いることにより、残留振動改善やペイロードの増加が期待される。

10

【 0 0 3 7 】

また、本発明の三次元線状可変剛性機構を、尻尾として移動ロボットや人用のアシストスーツにつけることで、軟状態から硬状態にあるいはその逆方向に変化する際に発生する急激な反力、反トルクをそのロボットや人の運動に利用する用途も考えられる。

【 0 0 3 8 】

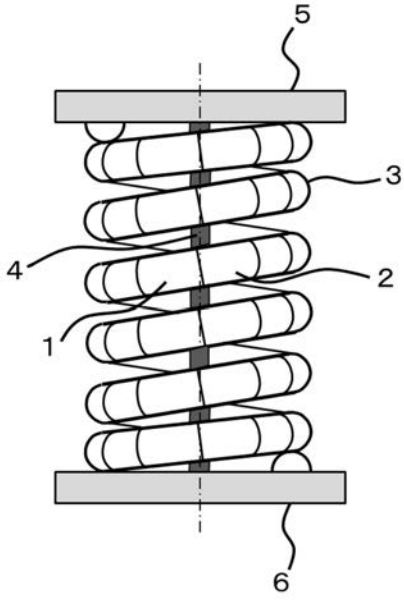
また、本発明の三次元線状可変剛性機構では個々の回動制限機構の間の回動（ひねり）をすべて集めたものが全体の姿勢となるため、三次元線状可変剛性機構の姿勢推定に 6 軸力センサを必要とせず、しかも高精度で姿勢推定することができ、柔軟梁形状を推定するための機構としても利用できる。

20

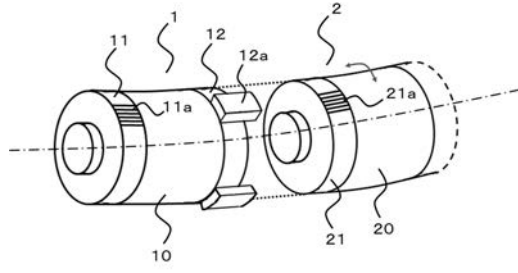
【 0 0 3 9 】

さらに、人の手首や足首は単純な一軸のジョイントではなく、姿勢の変化により回転中心が移動する。そこで本発明の三次元線状可変剛性機構を用いて人の手首や足首をサポートすることで、非ロック時に手首足首の動きを妨げず、ストレス無く手首足首の姿勢をロックすることができる。この機能はウィンドサーフィンなどのフォームが重要なスポーツにおけるフォーム維持のためのサポーターとして、またはバーチャルリアリティ技術において有用であると考えられる。

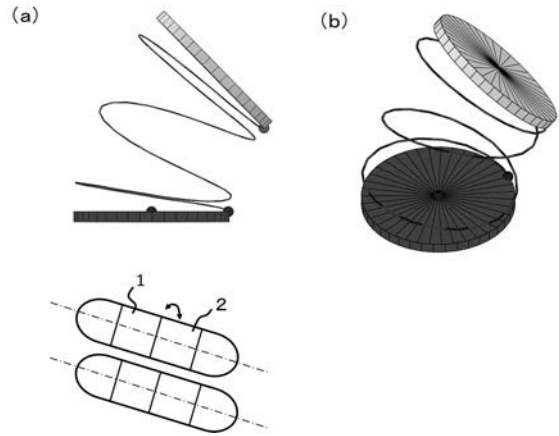
【 図 1 】



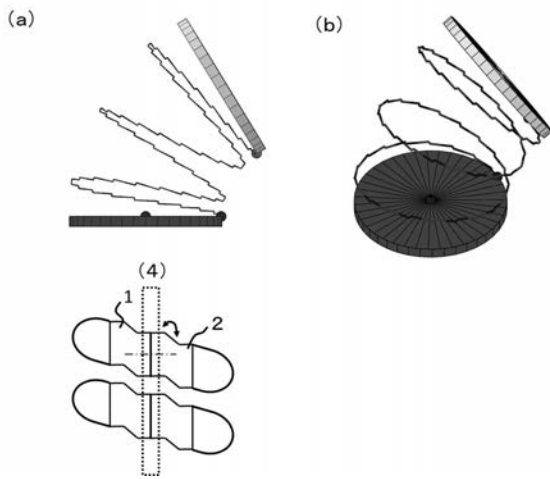
【 図 2 】



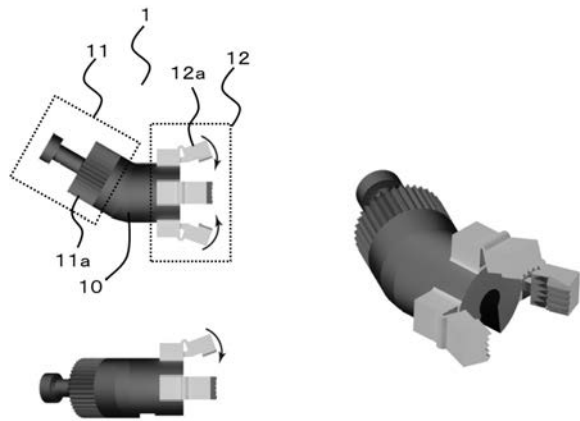
【 図 3 】



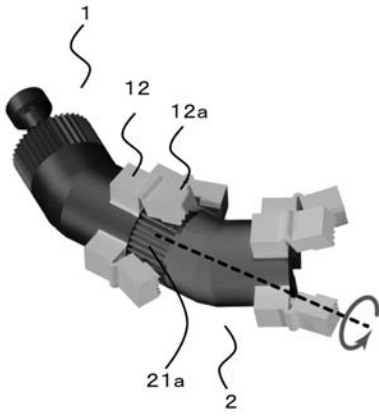
【 図 4 】



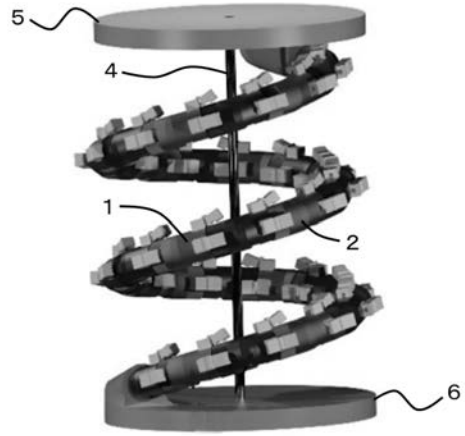
【 図 5 】



【 図 6 】

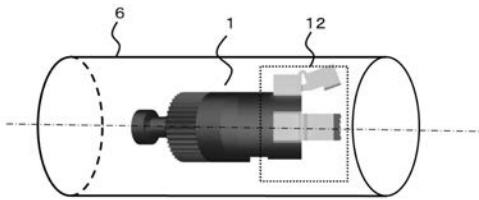


【 図 7 】



【 図 8 】

(a)



(b)

