

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7562124号
(P7562124)

(45)発行日 令和6年10月7日(2024.10.7)

(24)登録日 令和6年9月27日(2024.9.27)

(51)国際特許分類

F I

B 2 5 J 17/00 (2006.01)

B 2 5 J 17/00

G

B 2 5 J 17/00

L

請求項の数 9 (全30頁)

(21)出願番号	特願2020-120359(P2020-120359)	(73)特許権者	521465359
(22)出願日	令和2年7月14日(2020.7.14)		ラファエル フェリン
(65)公開番号	特開2022-17675(P2022-17675A)		茨城県つくば市東2丁目14番地1つ
(43)公開日	令和4年1月26日(2022.1.26)		くばキングB棟102号
審査請求日	令和5年7月7日(2023.7.7)	(74)代理人	100108833
			弁理士 早川 裕司
		(74)代理人	100162156
			弁理士 村雨 圭介
		(72)発明者	ラファエル フェリン
			岩手県盛岡市上田三丁目18番8号 国
			立大学法人岩手大学内
		審査官	稲垣 浩司

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ロボットアーム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

少なくとも2つの第一アーム部と、
少なくとも1つの第二アーム部と、
2つの前記第一アーム部を連動回転させる第一関節機構とを備え、
前記第一アーム部と前記第二アーム部が交互に直列に設けられており、
前記第一アーム部は、円柱状であって、両端部が軸線に垂直な面に対して互いに対向する方向に角度αで傾斜しており、
前記第二アーム部は、円柱状であって、両端部が軸線に垂直な面に対して互いに対向する方向に角度αで傾斜しており、
前記第一関節機構は、1つの前記第一アーム部とこれに最も近い前記第一アーム部が同じ方向及び回転角で回転するように、2つの前記第一アーム部を連結し、
前記第一関節機構は、1つの前記第一アーム部とこれに最も近い前記第一アーム部とを互いに連結する2本のワイヤにより構成されるロボットアーム。

【請求項2】

複数の第一アーム部と、
複数の第二アーム部と、
前記複数の第一アーム部を連動回転させる複数の第一関節機構と、
前記複数の第二アーム部を連動回転させる複数の第二関節機構とを備え、
前記複数の第一アーム部と前記複数の第二アーム部が交互に直列に設けられており、

前記第二関節機構は、1つの前記第二アーム部とこれに最も近い前記第二アーム部が同じ方向及び回転角で回転するように、2つの前記第二アーム部を連結する請求項1に記載のロボットアーム。

【請求項3】

前記第一関節機構は、1つの前記第一アーム部とこれに最も近い前記第一アーム部とを互いに連結する2本のワイヤにより構成され、

前記第二関節機構は、1つの前記第二アーム部とこれに最も近い前記第二アーム部とを互いに連結する2本のワイヤにより構成される請求項2に記載のロボットアーム。

【請求項4】

前記第一アーム部は、上端部に前記ワイヤを収容可能な周方向に延びる第一上部溝と、
下端部に前記ワイヤを収容可能な周方向に延びる第一下部溝とを有し、

前記第二アーム部は、上端部に前記ワイヤを収容可能な周方向に延びる第二上部溝と、
下端部に前記ワイヤを収容可能な周方向に延びる第二下部溝とを有し、

前記第一関節機構を構成する2本のワイヤの一方を第一ワイヤ、他方を第二ワイヤとし、
前記第二関節機構を構成する2本のワイヤの一方を第三ワイヤ、他方を第四ワイヤとするとき、

前記複数の第一アーム部において、

前記第一ワイヤは、1つの前記第一アーム部の前記第一上部溝を一方向に周回してから、
前記1つの第一アーム部に最も近い前記第一アーム部の第一下部溝を一方向に周回するように設けられ、

前記第二ワイヤは、1つの前記第一アーム部の前記第一上部溝を他方向に周回してから、
前記1つの第一アーム部に最も近い前記第一アーム部の第一下部溝を他方向に周回するように設けられ、

前記複数の第二アーム部において、

前記第三ワイヤは、1つの前記第二アーム部の前記第二上部溝を一方向に周回してから、
前記1つの第二アーム部に最も近い前記第二アーム部の第二下部溝を一方向に周回するように設けられ、

前記第四ワイヤは、1つの前記第二アーム部の前記第二上部溝を他方向に周回してから、
前記1つの第二アーム部に最も近い前記第二アーム部の第二下部溝を他方向に周回するように設けられる請求項3に記載のロボットアーム。

【請求項5】

少なくとも2つの第一アーム部と、

少なくとも1つの第二アーム部と、

2つの前記第一アーム部を連動回転させる第一関節機構とを備え、

前記第一アーム部と前記第二アーム部が交互に直列に設けられており、

前記第一アーム部は、円柱状であって、両端部が軸線に垂直な面に対して互いに対向する方向に角度 α で傾斜しており、

前記第二アーム部は、円柱状であって、両端部が軸線に垂直な面に対して互いに対向する方向に角度 α で傾斜しており、

前記第一関節機構は、1つの前記第一アーム部とこれに最も近い前記第一アーム部が同じ方向及び回転角で回転するように、2つの前記第一アーム部を連結し、

前記第一関節機構は、1つの前記第一アーム部とこれに最も近い前記第一アーム部とを互いに連結する2本のワイヤと、前記2本のワイヤそれぞれの移動をガイドする2つのアイドルプーリとにより構成されるロボットアーム。

【請求項6】

前記第一関節機構は、1つの前記第一アーム部とこれに最も近い前記第一アーム部とを互いに連結する2本のワイヤと、前記2本のワイヤそれぞれの移動をガイドする2つのアイドルプーリとにより構成され、

前記第二関節機構は、1つの前記第二アーム部とこれに最も近い前記第二アーム部とを互いに連結する2本のワイヤと、前記2本のワイヤそれぞれの移動をガイドする2つのア

10

20

30

40

50

アイドルブーリとにより構成される請求項 2 に記載のロボットアーム。

【請求項 7】

前記第一アーム部及び第二アーム部がいずれも、軸中心に中空部を有する筒形状である請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載のロボットアーム。

【請求項 8】

前記第一アーム部は、上記両端部に摺動面を有し、

前記第二アーム部は、上記両端部に前記第一アーム部の摺動面と回転摺動する摺動面を有する請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載のロボットアーム。

【請求項 9】

前記第一アーム部及び第二アーム部が剛体である請求項 1 から請求項 8 のいずれか 1 項に記載のロボットアーム。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は回転関節を備えるロボットアームに関し、詳細には、アームを構成する複数のアーム部に適合した回転関節を備えるロボットアームに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、軸線に対して傾斜した回転軸を有する回転関節を備えるロボットアームやマニプレータが提案されている（例えば、特許文献 1 から特許文献 3）。このようなロボットアームやマニプレータは、アームを構成する複数のアーム部材が、アームの軸線に対して傾斜した回転軸回りに回転駆動されることにより回転動作する構造であるため、回転運動の制御のみで正確な位置決めが可能であるとともに、効率的にトルクを伝達することができるという利点がある。

20

【0003】

上述のようなロボットアームやマニプレータは、アームを構成する複数のアーム部材それぞれについて、回転を駆動するための回転駆動モータ（アクチュエータ）が必要である。そのため、従来のロボットアームでは、構造が複雑であるとともに、アーム自体の重量が増大するので、高負荷作業が困難となるといった問題がある。また、上述のようなロボットアームやマニプレータは、産業用ロボットとしての使用を主目的としているため、ヒューマノイドロボットに適用すると、アームの曲げが実現されている間や実現された後に、隣接する 2 つのアーム部材の間に生じる隙間や凹凸部分に、ユーザの指が挟まったり引っ掛かったりするおそれがある。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開昭 62 - 148182 号公報

【文献】特開 2001 - 138279 号公報

【文献】特開 2004 - 148449 号公報

【発明の概要】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明は上述のような事情に基づいてなされたものであり、構造が簡易でありながら、一つのアクチュエータでアームの曲げを制御可能であることで、アーム全体の軽量化を実現可能であるとともに、ヒューマノイドロボットに好適なロボットアームを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するために、本発明は、少なくとも 2 つの第一アーム部と、少なくとも 1 つの第二アーム部と、2 つの前記第一アーム部を連動回転させる第一関節機構とを備え

50

、前記第一アーム部と前記第二アーム部が交互に直列に設けられており、前記第一アーム部は、円柱状であって、両端部が軸線に垂直な面に対して互いに対向する方向に角度 α で傾斜しており、前記第二アーム部は、円柱状であって、両端部が軸線に垂直な面に対して互いに対向する方向に角度 α で傾斜しており、前記第一関節機構は、1つの前記第一アーム部とこれに最も近い前記第一アーム部が同じ方向及び回転角で回転するように、2つの前記第一アーム部を連結するロボットアームを提供する（発明1）。

【0007】

かかる発明（発明1）によれば、2つの第一アーム部が、その間に設けられた第二アーム部に対して相対的に連動回転することで、ロボットアームの曲げが達成されるので、一つのアクチュエータでアームの曲げを制御可能であり、アーム全体の軽量化を実現可能であるととも、ヒューマノイドロボットに好適なロボットアームを提供することができる。

10

【0008】

上記発明（発明1）においては、複数の第一アーム部と、複数の第二アーム部と、前記複数の第一アーム部を連動回転させる複数の第一関節機構と、前記複数の第二アーム部を連動回転させる複数の第二関節機構とを備え、前記複数の第一アーム部と前記複数の第二アーム部が交互に直列に設けられており、前記第二関節機構は、1つの前記第二アーム部とこれに最も近い前記第二アーム部が同じ方向及び回転角で回転するように、2つの前記第二アーム部を連結することが好ましい（発明2）。

【0009】

かかる発明（発明2）によれば、ロボットアームの曲げが、複数の第一アーム部と複数の第二アーム部とによって達成されるので、ロボットアームのより複雑な動きを実現することができる。

20

【0010】

上記発明（発明1）においては、前記第一関節機構は、1つの前記第一アーム部とこれに最も近い前記第一アーム部とを互いに連結する2本のワイヤにより構成されていてもよい（発明3）。

【0011】

かかる発明（発明3）によれば、第一アーム部の回転がワイヤで調整されるので、歯車で回転が調整される場合に比べて、アーム全体の軽量化が実現できるとともに、コストを軽減することができる。

30

【0012】

上記発明（発明2）においては、前記第一関節機構は、1つの前記第一アーム部とこれに最も近い前記第一アーム部とを互いに連結する2本のワイヤにより構成され、前記第二関節機構は、1つの前記第二アーム部とこれに最も近い前記第二アーム部とを互いに連結する2本のワイヤにより構成されていてもよい（発明4）。

【0013】

かかる発明（発明4）によれば、第一アーム部及び第二アーム部の回転がワイヤで調整されるので、歯車で回転が調整される場合に比べて、アーム全体の軽量化が実現できるとともに、コストを軽減することができる。

【0014】

上記発明（発明4）においては、前記第一アーム部は、上端部に前記ワイヤを収容可能な周方向に延びる第一上部溝と、下端部に前記ワイヤを収容可能な周方向に延びる第一下部溝とを有し、前記第二アーム部は、上端部に前記ワイヤを収容可能な周方向に延びる第二上部溝と、下端部に前記ワイヤを収容可能な周方向に延びる第二下部溝とを有し、前記2本のワイヤの一方を第一ワイヤ、他方を第二ワイヤとすると、前記複数の第一アーム部において、前記第一ワイヤは、1つの前記第一アーム部の前記第一上部溝を一方に周回してから、前記1つの第一アーム部に最も近い前記第一アーム部の第一下部溝を一方に周回するように設けられ、前記第二ワイヤは、1つの前記第一アーム部の前記第一上部溝を他方向に周回してから、前記1つの第一アーム部に最も近い前記第一アーム部の第一下部溝を他方向に周回するように設けられ、前記複数の第二アーム部において、前記第一

40

50

ワイヤは、１つの前記第二アーム部の前記第二上部溝を一方向に周回してから、前記１つの第二アーム部に最も近い前記第二アーム部の第二下部溝を一方向に周回するように設けられ、前記第二ワイヤは、１つの前記第二アーム部の前記第二上部溝を他方向に周回してから、前記１つの第二アーム部に最も近い前記第二アーム部の第二下部溝を他方向に周回するように設けられることが好ましい（発明５）。

【００１５】

かかる発明（発明５）によれば、第一アーム部が一方向に回転すると、２本のワイヤの一方が、この第一アーム部に最も近い第一アーム部を一方向に引っ張るので、複数の第一アーム部はすべて同じ方向（一方向）に回転することになり、第一アーム部が他方向に回転すると、２本のワイヤの他方が、この第一アーム部に最も近い第一アーム部を他方向に引っ張るので、複数の第一アーム部はすべて同じ方向（他方向）に回転することになる。同様に、第二アーム部が一方向に回転すると、２本のワイヤの一方が、この第二アーム部に最も近い第二アーム部を一方向に引っ張るので、複数の第二アーム部はすべて同じ方向（一方向）に回転することになり、第二アーム部が他方向に回転すると、２本のワイヤの他方が、この第二アーム部に最も近い第二アーム部を他方向に引っ張るので、複数の第二アーム部はすべて同じ方向（他方向）に回転することになる。したがって、関節機構が上述のような構成を有することにより、第一アーム部又は第二アーム部の回転を容易に調整することができる。

10

【００１６】

上記発明（発明１）においては、前記第一関節機構は、１つの前記第一アーム部とこれに最も近い前記第一アーム部とを互いに連結する２本のワイヤと、前記２本のワイヤそれぞれの移動をガイドする２つのアイドルプーリとにより構成されていてもよい（発明６）。

20

【００１７】

かかる発明（発明６）によれば、第一関節機構がワイヤとアイドルプーリとにより構成されるので、アーム全体の軽量化が実現できるとともに、コストを軽減することができる。

【００１８】

上記発明（発明２）においては、前記第一関節機構は、１つの前記第一アーム部とこれに最も近い前記第一アーム部とを互いに連結する２本のワイヤと、前記２本のワイヤそれぞれの移動をガイドする２つのアイドルプーリとにより構成され、前記第二関節機構は、１つの前記第二アーム部とこれに最も近い前記第二アーム部とを互いに連結する２本のワイヤと、前記２本のワイヤそれぞれの移動をガイドする２つのアイドルプーリとにより構成されていてもよい（発明７）。

30

【００１９】

かかる発明（発明７）によれば、第一関節機構及び第二関節機構がワイヤとアイドルプーリとにより構成されるので、アーム全体の軽量化が実現できるとともに、コストを軽減することができる。

【００２０】

上記発明（発明１－７）においては、前記第一アーム部及び第二アーム部がいずれも、軸中心に中空部を有する筒形状であることが好ましい（発明８）。

【００２１】

かかる発明（発明８）によれば、トルクを効率的に伝達することができるため、第一アーム部及び第二アーム部の軽量化が実現でき、もって、アーム全体の重量を減少させることができる。また、アーム全体を通して連続する中空構造が形成されるので、中空内部にケーブル等の部品を通過させることができる。

40

【００２２】

上記発明（発明１－８）においては、前記第一アーム部は、上記両端部に摺動面を有し、前記第二アーム部は、上記両端部に前記第一アーム部の摺動面と回転摺動する摺動面を有することが好ましい（発明９）。

【００２３】

かかる発明（発明９）によれば、アームの表面が連続性を有するため、アームの曲げが

50

実現されている間に外部から認識される動作は、第二アーム部に対する相対的な第一アーム部の回転摺動だけであって、第一アーム部と第二アーム部との間に隙間や凹凸部分が生じることがない。そのため、ヒューマノイドロボットに適用した場合に、ユーザの指が隙間に挟まったり引っ掛かったりするのを防ぐことができる。また、アームを表皮材や衣服で覆った場合でも、素材が隙間に挟まったり凹凸部分に引っ掛かったりするのを防ぐことができる。加えて、回転動作中であっても第一アーム部と第二アーム部との間に隙間や凹凸部分が生じず、アーム表面が連続性を有するため、水中、高圧環境、クリーンルーム、放射性環境等、外部とアームとの間に堅固な障壁が必要な環境においても好適に使用することができる。

【 0 0 2 4 】

10

上記発明（発明 1 - 9）においては、前記第一アーム部及び第二アーム部が剛体であることが好ましい（発明 1 0）。

【 0 0 2 5 】

かかる発明（発明 1 0）によれば、トルクをより効率的に伝達することができるため、第一アーム部及び第二アーム部の軽量化を実現しつつ、強度を確保することができる。また、第一アーム部及び第二アーム部が剛体であることにより、水中、高圧環境、クリーンルーム、放射性環境等、外部とアームとの間に堅固な障壁が必要な環境において、特に好適に使用することができる。

【発明の効果】

【 0 0 2 6 】

20

本発明のロボットアームによれば、2つの第一アーム部が、その間に設けられた第二アーム部に対して相対的に連動回転することで、ロボットアームの曲げが達成されるので、一つのアクチュエータでアームの曲げを制御可能であり、アーム全体の軽量化を実現可能であるとともに、ヒューマノイドロボットに好適なロボットアームを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 7 】

【図 1】本発明の第一実施形態に係るロボットアームの直線状態を示す模式図であって、（a）は正面図、（b）は側面図、（c）は（a）の A - A 断面図である。

【図 2】図 1 のロボットアームの第一アーム部の模式図であって、（a）は正面図、（b）は側面図、（c）は（a）の B - B 断面図、（d）は平面図である。

30

【図 3】図 1 のロボットアームの第二アーム部の模式図であって、（a）は正面図、（b）は側面図、（c）は（a）の C - C 断面図、（d）は平面図である。

【図 4】図 1 のロボットアームの第一アーム部について、第一関節機構のワイヤの設け方を示す模式的斜視図である。

【図 5】図 1 のロボットアームの第二アーム部について、第二関節機構のワイヤの設け方を示す模式的斜視図である。

【図 6】図 1 のロボットアームの第一アーム部の第一関節機構及び第二アーム部の第二関節機構におけるワイヤの動きを示す模式的説明図である。

【図 7】図 1 のロボットアームの動作を示す模式的斜視図である。

40

【図 8】本発明の第二実施形態に係るロボットアームの第一アーム部について、第一関節機構のワイヤ及びアイドルプーリの設け方を示す模式図であって、（a）は部分側面図、（b）は部分斜視図である。

【図 9】本発明の第二実施形態に係るロボットアームの第二アーム部について、第二関節機構のワイヤ及びアイドルプーリの設け方を示す模式図であって、（a）は部分側面図、（b）は部分斜視図である。

【図 1 0】本発明の第三実施形態に係るロボットアームの第一アーム部の模式的斜視図であって、（a）は第一保護カバーがない状態、（b）は第一保護カバーがある状態を示している。

【図 1 1】本発明の第三実施形態に係るロボットアームの第二アーム部の模式的斜視図で

50

あって、(a)は第二保護カバーがない状態、(b)は第二保護カバーがある状態を示している。

【図12】本発明の第三実施形態に係るロボットアームの保護カバーがない状態における模式図であって、(a)は側面図、(b)は斜視図である。

【図13】本発明の第三実施形態に係るロボットアームの模式図であって、(a)は側面図、(b)は斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0028】

以下、本発明のロボットアームの実施形態について、適宜図面を参照して説明する。以下に説明する実施形態は、本発明の理解を容易にするためのものであって、何ら本発明を限定するものではない。本実施形態では、便宜上、図1に示すように、ロボットアームが直線状態にある場合における上側を「上」、下側を「下」と呼ぶことがある。

【0029】

[第一実施形態]

図1は本発明の、第一実施形態に係るロボットアームの直線状態を示す模式図であって、(a)は正面図、(b)は側面図、(c)は(a)のA-A断面図である。

【0030】

ロボットアーム

本実施形態に係るロボットアーム100は、図1に示すように表面が連続性を有する円柱状を呈し、複数の第一アーム部1、複数の第二アーム部2、複数の第一関節機構3(図1では不図示)、複数の第二関節機構4(図1では不図示)を主に備える。複数の第一アーム部1と複数の第二アーム部2は、図1に示すように、交互に直列に配置されており、軸方向の両端部が、軸線Xに垂直な面Sに対して互いに対向する方向に角度 α で傾斜している。なお、図1においては、説明を容易にするために、ロボットアーム100は、第一アーム部1を2つ、第二アーム部2を3つ備えるものとして示されており、最下方に位置する第二アーム部2は、軸線に垂直な面で1/2に切断された状態で示されている。

【0031】

[第一アーム部]

図2に示すように、本実施形態において、第一アーム部1は剛体であって、軸中心に中空部11を有する筒形状である。第一アーム部1は、軸方向の上端部12に、軸線Xに垂直な面Sに対して上方向に角度 α で傾斜する環状の第一摺動面121を有し、軸方向の下端部13に、軸線Xに垂直な面Sに対して下方向に角度 α で傾斜する環状の第二摺動面131を有する。このように、第一アーム部1の第一摺動面121と第二摺動面131は、軸線Xに垂直な面Sに対して互いに対向する方向に角度 α で傾斜している。第一アーム部1の第一摺動面121、第二摺動面131は、後述する第二アーム部2の第二摺動面231、第一摺動面221とそれぞれ回転摺動する面である。

【0032】

また、第一アーム部1は、上端部12の外周面に、内向きにわずかに傾斜する斜面部14を有し、下端部13の外周面に、内向きにわずかに傾斜する斜面部15を有する。上端部12及び下端部13が、このような斜面部14及び15を有することにより、曲げの状態であってもロボットアーム100の表面における連続性が保たれる。

【0033】

図2(c)に示すように、第一アーム部1の上端部12には、後述する第二アーム部2の下端部23の係合部232と係合可能な環状の係合部122が形成されており、第一アーム部1の下端部13には、後述する第二アーム部2の上端部22の係合部222と係合可能な環状の係合部132が形成されている。本実施形態において、第一アーム部1の上端部12の係合部122は、内周面に沿って軸方向に周設される凸部1221と、内周面において内向きに開口するように周設される凹部1222とを有し、第一アーム部1の下端部13の係合部132は、内周面に沿って軸方向に周設される凸部1321と、内周面において内向きに開口するように周設される凹部1322とを有するが、第一アーム部1

10

20

30

40

50

の上端部 1 2 の係合部 1 2 2 及び下端部 1 3 の係合部 1 3 2 の形状は、互いに第二アーム部 2 の下端部 2 3 の係合部 2 3 2 及び上端部 2 2 の係合部 2 2 2 と係合可能であればよく、これに限られるものではない。

【 0 0 3 4 】

第一アーム部 1 において、上端部 1 2 の係合部 1 2 2 の凸部 1 2 2 1 の外周面には、外向きに開口した第一上部溝 1 2 2 3 が形成されており、下端部 1 3 の係合部 1 3 2 の凸部 1 3 2 1 の外周面には、外向きに開口した第一下部溝 1 3 2 3 が形成されている。第一アーム部 1 の第一上部溝 1 2 2 3 及び第一下部溝 1 3 2 3 の形状は、それぞれが、後述する第一関節機構 3 としての 2 本のワイヤ 3 1 (ワイヤ 3 1 1 及びワイヤ 3 1 2) を収容可能であればよい。なお、第一上部溝 1 2 2 3 は、第一関節機構 3 としてのワイヤ 3 1 1 及びワイヤ 3 1 2 をそれぞれ収容可能な 2 つの溝により構成されていてもよい。同様に、第一下部溝 1 3 2 3 は、第一関節機構 3 としてのワイヤ 3 1 1 及びワイヤ 3 1 2 をそれぞれ収容可能な 2 つの溝により構成されていてもよい。

10

【 0 0 3 5 】

図 1 (a) 及び図 5 に示すように、第一アーム部 1 の外周面のうち、軸方向の長さが最も小さい箇所には、後述する第二関節機構 4 としてのワイヤ 4 1 1 及びワイヤ 4 1 2 を外部に送出可能な貫通孔 1 6 a ~ 1 6 d が設けられている。貫通孔 1 6 a 及び 1 6 b は軸方向の上側に位置し、貫通孔 1 6 c 及び 1 6 d は軸方向の下側に位置している。

【 0 0 3 6 】

[第二アーム部]

20

図 3 に示すように、本実施形態において、第二アーム部 2 は、第一アーム部 1 と同様の剛体であって、軸中心に中空部 2 1 を有し、第一アーム部 1 と同じ外径を有する筒形状である。第二アーム部 2 は、軸方向の上端部 2 2 に、軸線 X に垂直な面 S に対して上方向に角度 α で傾斜する環状の第一摺動面 2 2 1 を有し、軸方向の下端部 2 3 に、軸線 X に垂直な面 S に対して下方向に角度 α で傾斜する環状の第二摺動面 2 3 1 を有する。このように、第二アーム部 2 の第一摺動面 2 2 1 と第二摺動面 2 3 1 は、軸線 X に垂直な面 S に対して互いに対向する方向に角度 α で傾斜している。第二アーム部 2 の第一摺動面 2 2 1、第二摺動面 2 3 1 は、第一アーム部 1 の第二摺動面 1 3 1、第一摺動面 1 2 1 とそれぞれ回転摺動する面である。

【 0 0 3 7 】

30

また、第二アーム部 2 は、上端部 2 2 の外周面に、内向きにわずかに傾斜する斜面部 2 4 を有し、下端部 2 3 の外周面に、内向きにわずかに傾斜する斜面部 2 5 を有する。上端部 2 2 及び下端部 2 3 が、このような斜面部 2 4 及び 2 5 を有することにより、曲げの状態であってもロボットアーム 1 0 0 の表面における連続性が保たれる。

【 0 0 3 8 】

図 3 (c) に示すように、第二アーム部 2 の上端部 2 2 には、第一アーム部 1 の下端部 1 3 の係合部 1 3 2 と係合可能な環状の係合部 2 2 2 が形成されており、第二アーム部 2 の下端部 2 3 には、第一アーム部 1 の上端部 1 2 の係合部 1 2 2 と係合可能な環状の係合部 2 3 2 が形成されている。本実施形態において、第二アーム部 2 の上端部 2 2 の係合部 2 2 2 は、外向きに張り出すように周設される凸部 2 2 2 1 と、外周面と内周面との間に軸方向に周設される凹部 2 2 2 2 とを有し、第二アーム部 2 の下端部 2 3 の係合部 2 3 2 は、外向きに張り出すように周設される凸部 2 3 2 1 と、外周面と内周面との間に軸方向に周設される凹部 2 3 2 3 とを有するが、第二アーム部 2 の上端部 2 2 の係合部 2 2 2 及び下端部 2 3 の係合部 2 3 2 の形状は、互いに第一アーム部 1 の下端部 1 3 の係合部 1 3 2 及び上端部 1 2 の係合部 1 2 2 と係合可能であればよく、これに限られるものではない。

40

【 0 0 3 9 】

第二アーム部 2 において、上端部 2 2 の係合部 2 2 2 の凸部 2 2 2 1 の外周面には、外向きに開口した第二上部溝 2 2 2 3 が形成されており、下端部 2 3 の係合部 2 3 2 の凸部 2 3 2 1 の外周面には、外向きに開口した第二下部溝 2 3 2 3 が形成されている。第二アーム部 2 の第二上部溝 2 2 2 3 及び第二下部溝 2 3 2 3 の形状は、それぞれが、後述する

50

第二関節機構 4 としての 2 本のワイヤ 4 1 (ワイヤ 4 1 1 及びワイヤ 4 1 2) を収容可能であればよい。なお、第二上部溝 2 2 2 3 は、第二関節機構 4 としてのワイヤ 4 1 1 及びワイヤ 4 1 2 をそれぞれ収容可能な 2 つの溝により構成されていてもよい。同様に、第二下部溝 2 3 2 3 は、第二関節機構 4 としてのワイヤ 4 1 1 及びワイヤ 4 1 2 をそれぞれ収容可能な 2 つの溝により構成されていてもよい。

【 0 0 4 0 】

図 4 に示すように、第二アーム部 2 の外周面のうち、軸方向の長さが最も小さい箇所には、後述する第一関節機構 3 としてのワイヤ 3 1 1 及び 3 1 2 を外部に送出可能な貫通孔 2 6 a ~ 2 6 d が設けられている。貫通孔 2 6 a 及び 2 6 b は軸方向の下側に位置し、貫通孔 2 6 c 及び 2 6 d は軸方向の上側に位置している。

10

【 0 0 4 1 】

第一アーム部 1 及び第二アーム部 2 において、角度 α は、ロボットアーム 1 0 0 のサイズや用途等によって適宜設定することができるが、ロボットアーム 1 0 0 の回転動作中であっても第一アーム部 1 と第二アーム部 2 との間に隙間が生じず、ロボットアーム 1 0 0 の表面が連続性を有するように設定することが好ましい。なお、第一アーム部 1 及び第二アーム部 2 の角度 α の設定や組み合わせる個数によって、ロボットアーム 1 0 0 の合計回転角度 (第一アーム部 1 及び第二アーム部 2 を完全に回転した場合のロボットアーム 1 0 0 の曲げ角度) を調整することが可能であり、90°以上の曲げを達成することも可能である。

【 0 0 4 2 】

20

本実施形態において、第一アーム部 1 及び第二アーム部 2 は、上述のように、軸中心にそれぞれ中空部 1 1 及び 2 1 を有する筒形状の剛体である。第一アーム部 1 及び第二アーム部 2 がそれぞれ中空部 1 1 及び 2 1 を有することにより、トルクを効率的に伝達することができるため、第一アーム部 1 及び第二アーム部 2 の軽量化が実現でき、もって、ロボットアーム 1 0 0 全体の重量を減少させることができる。また、ロボットアーム 1 0 0 全体を通して連続する中空構造が形成されるので、中空内部にケーブル等の部品を通過させることができる。

【 0 0 4 3 】

第一アーム部 1 及び第二アーム部 2 を構成する剛体とは、水中、高圧環境、クリーンルーム、放射性環境等の外部環境がロボットアーム 1 0 0 の内部に影響を与えない程度の障壁となり得る剛性を有する物体をいい、金属、プラスチック、セラミックス等を採用することができる。上記剛体は、ロボットアーム 1 0 0 を使用する外部環境、各アーム部の自重や必要な回転トルク等に応じて選定すればよく、軽量化のために剛性のあるメッシュ材料であってもよい。

30

【 0 0 4 4 】

[第一関節機構]

第一関節機構 3 は、複数の第一アーム部 1 を連動回転させるものである。本実施形態において、第一関節機構 3 は、1 つの第一アーム部 1 とこれに最も近い第一アーム部 1 とを互いに連結する 2 本のワイヤ 3 1 により構成されている。第一関節機構 3 としての 2 本のワイヤ 3 1 は、1 つの第一アーム部 1 とこれに最も近い第一アーム部 1 が同じ方向及び回転角で回転するように、2 つの第一アーム部 1 を連結している。

40

【 0 0 4 5 】

図 4 は、第一アーム部 1 について、第一関節機構 3 としての 2 本のワイヤ 3 1 の設け方を示す模式的斜視図である。2 本のワイヤ 3 1 の一方を第一ワイヤ 3 1 1、他方を第二ワイヤ 3 1 2 と定義する。図 4 (a) は、2 つの第一アーム部 1 の間に 1 つの第二アーム部 2 が配置された状態を示す部分斜視図である。図 4 (b) は、(a) の状態から便宜的に第二アーム部 2 を取り除いた状態を示している。図 4 (c) は、(b) の状態から便宜的に上方に位置する第一アーム部 1 を取り除いた状態を示している。図 4 (d) は、(c) の状態から便宜的に下方に位置する第一アーム部 1 を取り除いた状態を示しており、左から順に、第一ワイヤ 3 1 1 及び第二ワイヤ 3 1 2、第一ワイヤ 3 1 1、第二ワイヤ 3 1 2 を

50

示している。

【 0 0 4 6 】

図 4 に示すように、第一ワイヤ 3 1 1 は、1 つの第一アーム部 1 の第一上部溝 1 2 2 3 を一方向に周回してから、1 つの第一アーム部 1 に最も近い第一アーム部 1 の第一下部溝 1 3 2 3 を一方向に周回するように設けられている。一方、第二ワイヤ 3 1 2 は、1 つの第一アーム部 1 の第一上部溝 1 2 2 3 を他方向に周回してから、1 つの第一アーム部 1 に最も近い第一アーム部 1 の第一下部溝 1 3 2 3 を他方向に周回するように設けられている。第一ワイヤ 3 1 1 と第二ワイヤ 3 1 2 とがたすき掛けされる交差点 3 2 は、2 つの第一アーム部 1 の間に配置される第二アーム部 2 の貫通孔 2 6 a ~ 2 6 d の位置にある。第一ワイヤ 3 1 1 と第二ワイヤ 3 1 2 とが、交差点 3 2 において、たすき掛けされることにより、1 つの第一アーム部 1 とこれに最も近い第一アーム部 1 とが連結される。

10

【 0 0 4 7 】

第一ワイヤ 3 1 1 及び第二ワイヤ 3 1 2 の設け方について、図 6 (c) 及び (d) を用いてより具体的に説明する。図 6 (c) 及び (d) は、1 つの第一アーム部 1 a と、第一アーム部 1 a に最も近く、第一アーム部 1 a の上方に位置する第一アーム部 1 b を例として、便宜的にこれらを互いに上下方向に開いた状態を示している。便宜的に、図 6 (c) は、第一ワイヤ 3 1 1 の設け方を、図 6 (d) は第二ワイヤ 3 1 2 の設け方を表しているが、実際には、第一ワイヤ 3 1 1 及び第二ワイヤ 3 1 2 は、第一アーム部 1 a の第一上部溝 1 2 2 3 と第一アーム部 1 b の第一下部溝 1 3 2 3 を、共通して使用している。

20

【 0 0 4 8 】

第一ワイヤ 3 1 1 は、図 6 (c) に示すように、第一アーム部 1 a に設けられた第一ワイヤ固定部 1 2 2 5 から出て、第一アーム部 1 a の第一上部溝 1 2 2 3 を一方向に周回してから、第一アーム部 1 b の第一下部溝 1 3 2 3 を一方向に周回して、第一アーム部 1 b に設けられた第一ワイヤ固定部 1 3 2 5 に至るように設けられている。一方、第二ワイヤ 3 1 2 は、図 6 (d) に示すように、第一アーム部 1 a に設けられた第二ワイヤ固定部 1 2 2 6 から出て、第一アーム部 1 a の第一上部溝 1 2 2 3 を他方向に周回してから、第一アーム部 1 b の第一下部溝 1 3 2 3 を他方向に周回して、第一アーム部 1 b に設けられた第二ワイヤ固定部 1 3 2 6 に至るように設けられている。このように、第一ワイヤ 3 1 1 と第二ワイヤ 3 1 2 は、図 6 (c) 及び (d) において対称的に設けられている。

30

【 0 0 4 9 】

なお、このとき、図 4 (a) に示されるように、第一ワイヤ 3 1 1 は、第二アーム部 2 の貫通孔 2 6 a から外部に一度出され、貫通孔 2 6 c から内部に再び戻される。第二ワイヤ 3 1 2 は、第二アーム部 2 の貫通孔 2 6 b から外部に一度出され、貫通孔 2 6 d から内部に再び戻される。第二アーム部 2 の貫通孔 2 6 a ~ 2 6 d を用いて、第一ワイヤ 3 1 1 及び第二ワイヤ 3 1 2 を外部に一度出してから内部に戻していることにより、第一アーム部 1 と第二アーム部 2 とが強固に連結される。

【 0 0 5 0 】

第一関節機構 3 を構成するワイヤ 3 1 (第一ワイヤ 3 1 1 、第二ワイヤ 3 1 2) の動きについて、図 6 (c) 及び (d) を参照してさらに説明する。

【 0 0 5 1 】

例えば、第一ワイヤ 3 1 1 が図 6 (c) の状態、すなわち、第一ワイヤ 3 1 1 が、第一アーム部 1 b の第一下部溝 1 3 2 3 を一周回し、第一アーム部 1 a の第一上部溝 1 2 2 3 を半周回している場合、第一ワイヤ 3 1 1 により、第一アーム部 1 a 及び第一アーム部 1 b は、矢印方向に 1 8 0 度回転可能である。これは、第一アーム部 1 a が矢印方向に回転すると、第一ワイヤ 3 1 1 が第一アーム部 1 b を引っ張り、第一アーム部 1 b が第一アーム部 1 a と同じ方向 (矢印方向) に回転するからである。

40

【 0 0 5 2 】

例えば、第二ワイヤ 3 1 2 が図 6 (d) の状態、すなわち、第二ワイヤ 3 1 2 が、第一アーム部 1 a の第一上部溝 1 2 2 3 を一周回し、第一アーム部 1 b の第一下部溝 1 3 2 3 を半周回している場合、第二ワイヤ 3 1 2 により、第一アーム部 1 a 及び第一アーム部 1

50

bは、矢印方向に180度回転可能である。これは、第一アーム部1bが矢印方向に回転すると、第二ワイヤ312が第一アーム部1aを引っ張り、第一アーム部1aが第一アーム部1bと同じ方向（矢印方向）に回転するからである。

【0053】

[第二関節機構]

第二関節機構4は、複数の第二アーム部2を連動回転させるものである。本実施形態において、第二関節機構4は、1つの第二アーム部2とこれに最も近い第二アーム部2とを互いに連結する2本のワイヤ41により構成されている。第二関節機構4としての2本のワイヤ41は、1つの第二アーム部2とこれに最も近い第二アーム部2が同じ方向及び回転角で回転するように、2つの第二アーム部2を連結している。

10

【0054】

図5は、第二アーム部2について、第二関節機構4としての2本のワイヤ41の設け方を示す模式的斜視図である。2本のワイヤ41の一方を第一ワイヤ411、他方を第二ワイヤ412と定義する。図5(a)は、2つの第二アーム部2の間に1つの第一アーム部1が配置された状態を示す部分斜視図である。図5(a)は図1に対応しているため、最下方に位置する第二アーム部2は、軸線に垂直な面で1/2に切断された状態で示されている。図5(b)は、(a)の状態から便宜的に第一アーム部1を取り除いた状態を示している。図5(c)は、(b)の状態から便宜的に上方に位置する第二アーム部2を取り除いた状態を示している。図5(d)は、(c)の状態から便宜的に下方に位置する第二アーム部2を取り除いた状態を示しており、左から順に、第一ワイヤ411及び第二ワイヤ412、第一ワイヤ411、第二ワイヤ412を示している。

20

【0055】

図5に示すように、第一ワイヤ411は、1つの第二アーム部2の第二上部溝2223を一方向に周回してから、1つの第二アーム部2に最も近い第二アーム部2の第二下部溝2323を一方向に周回するように設けられている。一方、第二ワイヤ412は、1つの第二アーム部2の第二上部溝2223を他方向に周回してから、1つの第二アーム部2に最も近い第二アーム部2の第二下部溝2323を他方向に周回するように設けられている。第一ワイヤ411と第二ワイヤ412とがたすき掛けされる交差点42は、2つの第二アーム部2の間に配置される第一アーム部1の貫通孔16a~16dの位置にある。第一ワイヤ411と第二ワイヤ412とが、交差点42において、たすき掛けされることにより、1つの第二アーム部2とこれに最も近い第二アーム部2とが連結される。

30

【0056】

第一ワイヤ411及び第二ワイヤ412の設け方について、図6(a)及び(b)を用いてより具体的に説明する。図6(a)及び(b)は、1つの第二アーム部2aと、第二アーム部2aに最も近く、第二アーム部2aの上方に位置する第二アーム部2bを例として、便宜的にこれらを互いに上下方向に開いた状態を示している。便宜的に、図6(a)は、第一ワイヤ411の設け方を、図6(b)は第二ワイヤ412の設け方を表しているが、実際には、第一ワイヤ411及び第二ワイヤ412は、第二アーム部2aの第二上部溝2223と第二アーム部2bの第二下部溝2323を、共通して使用している。

40

【0057】

第一ワイヤ411は、図6(a)に示すように、第二アーム部2aに設けられた第一ワイヤ固定部2225から出て、第二アーム部2aの第二上部溝2223を一方向に周回してから、第二アーム部2bの第二下部溝2323を一方向に周回して、第二アーム部2bに設けられた第一ワイヤ固定部2325に至るように設けられている。一方、第二ワイヤ412は、図6(b)に示すように、第二アーム部2aに設けられた第二ワイヤ固定部2226から出て、第二アーム部2aの第二上部溝2223を他方向に周回してから、第二アーム部2bの第二下部溝2323を他方向に周回して、第二アーム部2bに設けられた第二ワイヤ固定部2326に至るように設けられている。このように、第一ワイヤ411と第二ワイヤ412は、図6(a)及び(b)において対称的に設けられている。

【0058】

50

なお、このとき、図 5 (a) に示されるように、第一ワイヤ 4 1 1 は、第一アーム部 1 の貫通孔 1 6 c から外部に一度出され、貫通孔 1 6 a から内部に再び戻される。第二ワイヤ 4 1 2 は、第一アーム部 1 の貫通孔 1 6 d から外部に一度出され、貫通孔 1 6 b から内部に再び戻される。第一アーム部 1 の貫通孔 1 6 a ~ 1 6 d を用いて、第一ワイヤ 4 1 1 及び第二ワイヤ 4 1 2 を外部に一度出してから内部に戻していることにより、第一アーム部 1 と第二アーム部 2 とが強固に連結される。

【 0 0 5 9 】

第二関節機構 4 を構成するワイヤ 4 1 (第一ワイヤ 4 1 1 、第二ワイヤ 4 1 2) の動きについて、図 6 (a) 及び (b) を参照してさらに説明する。

【 0 0 6 0 】

例えば、第一ワイヤ 4 1 1 が図 6 (a) の状態、すなわち、第一ワイヤ 4 1 1 が、第二アーム部 2 a の第二上部溝 2 2 2 3 を一周回し、第二アーム部 2 b の第二下部溝 2 3 2 3 を半周回している場合、第一ワイヤ 4 1 1 により、第二アーム部 2 a 及び第二アーム部 2 b は、矢印方向に 1 8 0 度回転可能である。これは、第二アーム部 2 b が矢印方向に回転すると、第一ワイヤ 4 1 1 が第二アーム部 2 a を引っ張り、第二アーム部 2 a が第二アーム部 2 b と同じ方向 (矢印方向) に回転するからである。

【 0 0 6 1 】

例えば、第二ワイヤ 4 1 2 が図 6 (b) の状態、すなわち、第二ワイヤ 4 1 2 が、第二アーム部 2 b の第二下部溝 2 3 2 3 を一周回し、第二アーム部 2 a の第二上部溝 2 2 2 3 を半周回している場合、第二ワイヤ 4 1 2 により、第二アーム部 2 a 及び第二アーム部 2 b は、矢印方向に 1 8 0 度回転可能である。これは、第二アーム部 2 a が矢印方向に回転すると、第二ワイヤ 4 1 2 が第二アーム部 2 b を引っ張り、第二アーム部 2 b が第二アーム部 2 a と同じ方向 (矢印方向) に回転するからである。

【 0 0 6 2 】

ロボットアームの動作

図 1 (c) 、図 2 (c) 及び図 3 (c) を参照するとよく分かるように、第二アーム部 2 a と第二アーム部 2 b とを接続する第一ワイヤ 4 1 1 及び第二ワイヤ 4 1 2 は、第一アーム部 1 a の内側に位置している。そのため、図 6 (a) 及び (b) は第一アーム部 1 a の内側からの動きを表している。同様に、図 1 (c) 、図 2 (c) 及び図 3 (c) を参照するとよく分かるように、第一アーム部 1 a と第一アーム部 1 b とを接続する第一ワイヤ 3 1 1 及び第二ワイヤ 3 1 2 は、第二アーム部 2 a の内側に位置している。そのため、図 6 (c) 及び (d) は第二アーム部 2 a の内側からの動きを表している。

【 0 0 6 3 】

例えば、図 6 (a) 又は (b) において動きがある場合、第二アーム部 2 b は図 6 (a) 又は (b) の背景、すなわち第一アーム部 1 a に対して回転する。そのため、これと同じ動きを第二アーム部 2 b の内側から見たのが図 6 (c) 又は (d) であり、第一アーム部 1 a が、第二アーム部 2 b と同じ角度、同じ速度で、ただし逆方向で、回転することが分かる。このようにして、図 6 (a) 又は (b) における動きは、図 6 (c) 又は (d) において同じ動きを生み出し、この動きはすべてのアーム部に伝播する。そのため、すべての第一アーム部 1 は連動して一方向に回転し、すべての第二アーム部 2 は連動して他方向に回転する。

【 0 0 6 4 】

したがって、本実施形態の第一関節機構 3 によれば、2 本のワイヤ 3 1 により、複数の第二アーム部 2 に対して相対的に、複数の第一アーム部 1 すべてが連動して同じ方向及び回転角で回転する。同様に、本実施形態の第二関節機構 4 によれば、2 本のワイヤ 4 1 により、複数の第一アーム部 1 に対して相対的に、複数の第二アーム部 2 すべてが連動して同じ方向及び回転角で回転する。そのため、一つのアクチュエータでロボットアーム 1 0 0 の曲げを制御することができる。

【 0 0 6 5 】

次に、図 7 を参照しつつ、上述の第一実施形態のロボットアーム 1 0 0 全体の動作につ

10

20

30

40

50

いて具体的に説明する。なお、実際の動作に当たっては、ロボットアーム 100 において、例えば、最下方に位置する第一アーム部 1 又は第二アーム部 2 の回転のみを 1 つのアクチュエータ等によって制御すればよい。なお、図 7 においては、説明を容易にするために、ロボットアーム 100 は、第一アーム部 1 を 3 つ、第二アーム部 2 を 4 つ備えるものとして示されており、最下方に位置する第二アーム部 2 は、軸線に垂直な面で 1 / 2 に切断された状態で示されている。

【0066】

図 7 は、ロボットアーム 100 において、第二アーム部 2 に対して、第一アーム部 1 の回転角を順次変位させた状態を示す模式的斜視図である。図 7 のロボットアーム 100 は、第一アーム部 1 a、1 b 及び 1 c と、第二アーム部 2 a、2 b、2 c 及び 2 d とを備える。図 7 においては、第二アーム部 2 を基準として、第一アーム部 1 の回転角を順次変位させている。

10

【0067】

図 7 (a) は、ロボットアーム 100 の直線状態を示す斜視図である。このとき、第一アーム部 1 は回転していない。

【0068】

図 7 (b) は、第二アーム部 2 に対して相対的に、第一アーム部 1 が一方向にわずかに回転した状態を示す斜視図である。このとき、第一アーム部 1 a、1 b 及び 1 c は、第一関節機構 3 により連動して回転している。また、第二アーム部 2 a、2 b、2 c 及び 2 d も、第二関節機構 4 により連動するため、第二アーム部 2 a、2 b、2 c 及び 2 d の正面の位置が変わらないことが分かる。

20

【0069】

図 7 (c) は、第二アーム部 2 に対して相対的に、第一アーム部 1 が一方向に (b) よりもさらに回転した状態を示す斜視図である。

【0070】

図 7 (d) は、第二アーム部 2 に対して相対的に、第一アーム部 1 が一方向に (c) よりもさらに回転した状態を示す斜視図である。

【0071】

図 7 (e) は、第二アーム部 2 に対して相対的に、第一アーム部 1 が一方向に (d) よりもさらに回転し、ロボットアーム 100 が 180° の合計回転を達成した状態を示す図である。

30

【0072】

なお、第一関節機構 3 としてのワイヤ 3 1 及び第二関節機構 4 としてのワイヤ 4 1 の材質、形状及び太さは、ロボットアーム 100 のサイズや用途、第一アーム部 1 及び第二アーム部 2 の剛体材料に応じて適宜選択することができる。ワイヤ 3 1 及びワイヤ 4 1 の材質の例としては、ナイロン、フロロカーボン、ポリエステル、ポリエチレン、ザイル麻、ジュート麻、マニラ麻、絹、カーボンファイバーやグラスファイバー等の特殊繊維、ゴムのような弾性材料、金属材料等が挙げられる。ワイヤ 3 1 及びワイヤ 4 1 の形状の例としては、単線状、より線状、チェーン等が挙げられる。ワイヤ 3 1 及びワイヤ 4 1 の太さは、ロボットアーム 100 の駆動に要する引張荷重に十分に耐えうる太さのものを適宜選定することができる。

40

【0073】

〔第二実施形態〕

第二実施形態に係るロボットアーム 200 は、第一関節機構及び第二関節機構がそれぞれ、2 本のワイヤと各ワイヤの移動をガイドする 2 つのアイドルプーリとにより構成される以外は、第一実施形態に係るロボットアーム 100 と実質的に同じである。

【0074】

図 8 は、ロボットアーム 200 の第一アーム部 5 について、第一関節機構 7 のワイヤ 7 1 及びアイドルプーリ 7 2 の設け方を示す模式図である。図 9 は、ロボットアーム 200 の第二アーム部 6 について、第二関節機構 8 のワイヤ 8 1 及びアイドルプーリ 8 2 の設け

50

方を示す模式図である。図 8 では、2 つの第一アーム部 5 の間に配置されている第二アーム部 6 は省略されている。同様に、図 9 では、2 つの第二アーム部 6 の間に配置されている第一アーム部 5 は省略されている。実際には、図 8 に示される第一アーム部 5 と図 9 に示される第二アーム部 6 は、第一実施形態に係る第一アーム部 1 と第二アーム部 2 と同様に、交互に配置されている。

【 0 0 7 5 】

ロボットアーム

本実施形態に係るロボットアーム 2 0 0 は、第一実施形態のロボットアーム 1 0 0 と同様に、表面が連続性を有する円柱状を呈し、複数の第一アーム部 5、複数の第二アーム部 6、第一関節機構 7、第二関節機構 8 を主に備える。複数の第一アーム部 5 と複数の第二アーム部 6 は、第一実施形態のロボットアーム 1 0 0 と同様に、交互に直列に配置されており、軸方向の両端部が、軸線に垂直な面に対して互いに対向する方向に角度 α で傾斜している。ロボットアーム 2 0 0 の外観は、図 1 (a) 及び (b) に示される第一実施形態のロボットアーム 1 0 0 の外観と実質的に同一である。

【 0 0 7 6 】

[第一アーム部]

第一実施形態のロボットアーム 1 0 0 と同様に、ロボットアーム 2 0 0 において、第一アーム部 5 は剛体であって、軸中心に中空部 5 1 を有する筒形状である。第一アーム部 5 は、第一実施形態のロボットアーム 1 0 0 と同様に、軸方向の上端部 5 2 に、軸線 X に垂直な面 S に対して上方向に角度 α で傾斜する環状の第一摺動面 5 2 1 を有し、軸方向の下端部 5 3 に、軸線 X に垂直な面 S に対して下方向に角度 α で傾斜する環状の第二摺動面 5 3 1 を有する。このように、第一アーム部 5 の第一摺動面 5 2 1 と第二摺動面 5 3 1 は、軸線 X に垂直な面 S に対して互いに対向する方向に角度 α で傾斜している。第一アーム部 5 の第一摺動面 5 2 1、第二摺動面 5 3 1 は、後述する第二アーム部 6 の第二摺動面 6 3 1、第一摺動面 6 2 1 とそれぞれ回転摺動する面である。

【 0 0 7 7 】

また、第一アーム部 5 は、上端部 5 2 の外周面に、内向きにわずかに傾斜する斜面部 5 4 を有し、下端部 5 3 の外周面に、内向きにわずかに傾斜する斜面部 5 5 を有する。上端部 5 2 及び下端部 5 3 が、このような斜面部 5 4 及び 5 5 を有することにより、曲げの状態であってもロボットアーム 2 0 0 の表面における連続性が保たれる。

【 0 0 7 8 】

図 8 には詳細に表されていないが、第一実施形態のロボットアーム 1 0 0 と同様に、ロボットアーム 2 0 0 の第一アーム部 5 の上端部 5 2 には、後述する第二アーム部 6 の下端部 6 3 の係合部と係合可能な環状の係合部が形成されており、第一アーム部 5 の下端部 5 3 には、後述する第二アーム部 6 の上端部 6 2 の係合部と係合可能な環状の係合部が形成されている。第一実施形態のロボットアーム 1 0 0 と同様に、ロボットアーム 2 0 0 の第一アーム部 5 の上端部 5 2 の係合部は、内周面に沿って軸方向に周設される凸部と、内周面において内向きに開口するように周設される凹部とを有し、第一アーム部 5 の下端部 5 3 の係合部は、内周面に沿って軸方向に周設される凸部と、内周面において内向きに開口するように周設される凹部とを有するが、第一アーム部 5 の上端部 5 2 の係合部及び下端部 5 3 の係合部の形状は、互いに第二アーム部 6 の下端部 6 3 の係合部及び上端部 6 2 の係合部と係合可能であればよく、これに限られるものではない。

【 0 0 7 9 】

図 8 に示すように、本実施形態の第一アーム部 5 の上端部 5 2 及び下端部 5 3 の直径は、第一実施形態のロボットアーム 1 0 0 に比べて小さい。これは、後述する第一関節機構 7 としての 2 本のワイヤ 7 1 及び 2 つのアイドルプーリ 7 2 が、第一アーム部 5 の径内に収まるようにするためである。

【 0 0 8 0 】

第一アーム部 5 において、上端部 5 2 の係合部の凸部の外周面には、外向きに開口した第一上部溝 5 2 2 3 が形成されており、下端部 5 3 の係合部の凸部の外周面には、外向き

10

20

30

40

50

に開口した第一下部溝 5 3 2 3 が形成されている。第一アーム部 5 の第一上部溝 5 2 2 3 及び第一下部溝 5 3 2 3 の形状は、それぞれが、後述する第一関節機構 7 としての 2 本のワイヤ 7 1 (ワイヤ 7 1 1 及びワイヤ 7 1 2) を収容可能であればよい。なお、第一上部溝 5 2 2 3 は、第一関節機構 7 としてのワイヤ 7 1 1 及びワイヤ 7 1 2 をそれぞれ収容可能な 2 つの溝により構成されていてもよい。同様に、第一下部溝 5 3 2 3 は、第一関節機構 7 としてのワイヤ 7 1 1 及びワイヤ 7 1 2 をそれぞれ収容可能な 2 つの溝により構成されていてもよい。

【0081】

[第二アーム部]

第一実施形態のロボットアーム 1 0 0 と同様に、ロボットアーム 2 0 0 において、第二アーム部 6 は剛体であって、軸中心に中空部 6 1 を有する筒形状である。第二アーム部 6 は、第一実施形態のロボットアーム 1 0 0 と同様に、軸方向の上端部 6 2 に、軸線 X に垂直な面 S に対して上方向に角度 α で傾斜する環状の第一摺動面 6 2 1 を有し、軸方向の下端部 6 3 に、軸線 X に垂直な面 S に対して下方向に角度 α で傾斜する環状の第二摺動面 6 3 1 を有する。このように、第二アーム部 6 の第一摺動面 6 2 1 と第二摺動面 6 3 1 は、軸線 X に垂直な面 S に対して互いに対向する方向に角度 α で傾斜している。第二アーム部 6 の第一摺動面 6 2 1、第二摺動面 6 3 1 は、第一アーム部 5 の第二摺動面 5 3 1、第一摺動面 5 2 1 とそれぞれ回転摺動する面である。

【0082】

また、第二アーム部 6 は、上端部 6 2 の外周面に、内向きにわずかに傾斜する斜面部 6 4 を有し、下端部 6 3 の外周面に、内向きにわずかに傾斜する斜面部 6 5 を有する。上端部 6 2 及び下端部 6 3 が、このような斜面部 6 4 及び 6 5 を有することにより、曲げの状態であってもロボットアーム 2 0 0 の表面における連続性が保たれる。

【0083】

図 9 には詳細に表されていないが、第一実施形態のロボットアーム 1 0 0 と同様に、ロボットアーム 2 0 0 の第二アーム部 6 の上端部 6 2 には、第一アーム部 5 の下端部 5 3 の係合部と係合可能な環状の係合部が形成されており、第二アーム部 6 の下端部 6 3 には、第一アーム部 5 の上端部 5 2 の係合部と係合可能な環状の係合部が形成されている。第一実施形態のロボットアーム 1 0 0 と同様に、ロボットアーム 2 0 0 の第二アーム部 6 の上端部 6 2 の係合部は、内周面に沿って軸方向に周設される凸部と、内周面において内向きに開口するように周設される凹部とを有し、第二アーム部 6 の下端部 6 3 の係合部は、内周面に沿って軸方向に周設される凸部と、内周面において内向きに開口するように周設される凹部とを有するが、第二アーム部 6 の上端部 6 2 の係合部及び下端部 6 3 の係合部の形状は、互いに第一アーム部 5 の下端部 5 3 の係合部及び上端部 5 2 の係合部と係合可能であればよく、これに限られるものではない。

【0084】

図 9 に示すように、本実施形態の第二アーム部 6 の上端部 6 2 及び下端部 6 3 の直径は、第一実施形態のロボットアーム 1 0 0 に比べて小さい。これは、後述する第二関節機構 8 としての 2 本のワイヤ 8 1 及び 2 つのアイドルプーリ 8 2 が、第二アーム部 6 の径内に収まるようにするためである。

【0085】

第二アーム部 6 において、上端部 6 2 の係合部の凸部の外周面には、外向きに開口した第二上部溝 6 2 2 3 が形成されており、下端部 6 3 の係合部の凸部の外周面には、外向きに開口した第二下部溝 6 3 2 3 が形成されている。第二アーム部 6 の第二上部溝 6 2 2 3 及び第二下部溝 6 3 2 3 の形状は、それぞれが、後述する第二関節機構 8 としての 2 本のワイヤ 8 1 (ワイヤ 8 1 1 及びワイヤ 8 1 2) を収容可能であればよい。なお、第二上部溝 6 2 2 3 は、第二関節機構 8 としてのワイヤ 8 1 1 及びワイヤ 8 1 2 をそれぞれ収容可能な 2 つの溝により構成されていてもよい。同様に、第二下部溝 6 3 2 3 は、第二関節機構 8 としてのワイヤ 8 1 1 及びワイヤ 8 1 2 をそれぞれ収容可能な 2 つの溝により構成されていてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 6 】

第一実施形態のロボットアーム 1 0 0 と同様に、ロボットアーム 2 0 0 の第一アーム部 5 及び第二アーム部 6 において、角度 α は、ロボットアーム 2 0 0 のサイズや用途等によって適宜設定することができるが、ロボットアーム 2 0 0 の回転動作中であっても第一アーム部 5 と第二アーム部 6 との間に隙間が生じず、ロボットアーム 2 0 0 の表面が連続性を有するように設定することが好ましい。なお、第一アーム部 5 及び第二アーム部 6 の角度 α の設定や組み合わせる個数によって、ロボットアーム 2 0 0 の合計回転角度（第一アーム部 5 及び第二アーム部 6 を完全に回転した場合のロボットアーム 2 0 0 の曲げ角度）を調整することが可能であり、90°以上の曲げを達成することも可能である。

【 0 0 8 7 】

第一実施形態のロボットアーム 1 0 0 と同様に、ロボットアーム 2 0 0 の第一アーム部 5 及び第二アーム部 6 は、上述のように、軸中心にそれぞれ中空部 5 1 及び 6 1 を有する筒形状の剛体である。第一アーム部 5 及び第二アーム部 6 がそれぞれ中空部 5 1 及び 6 1 を有することにより、トルクを効率的に伝達することができるため、第一アーム部 5 及び第二アーム部 6 の軽量化が実現でき、もって、ロボットアーム 2 0 0 全体の重量を減少させることができる。また、ロボットアーム 2 0 0 全体を通して連続する中空構造が形成されるので、中空内部にケーブル等の部品を通過させることができる。

【 0 0 8 8 】

第一実施形態のロボットアーム 1 0 0 と同様に、ロボットアーム 2 0 0 の第一アーム部 5 及び第二アーム部 6 を構成する剛体とは、水中、高圧環境、クリーンルーム、放射性環境等の外部環境がロボットアーム 2 0 0 の内部に影響を与えない程度の障壁となり得る剛性を有する物体をいい、金属、プラスチック、セラミックス等を採用することができる。上記剛体は、ロボットアーム 2 0 0 を使用する外部環境、各アーム部の自重や必要な回転トルク等に応じて選定すればよく、軽量化のために剛性のあるメッシュ材料であってもよい。

【 0 0 8 9 】

[第一関節機構]

第一関節機構 7 は、複数の第一アーム部 5 を連動回転させるものである。本実施形態において、第一関節機構 7 は、1つの第一アーム部 5 とこれに最も近い第一アーム部 5 とを互いに連結する2本のワイヤ 7 1 と、2本のワイヤ 7 1 それぞれの移動をガイドする2つのアイドルプーリ 7 2 とにより構成されている。第一関節機構 7 としての2本のワイヤ 7 1 及び2つのアイドルプーリ 7 2 は、1つの第一アーム部 5 とこれに最も近い第一アーム部 5 が同じ方向及び回転角で回転するように、2つの第一アーム部 5 を連結している。

【 0 0 9 0 】

図 8 は、第一アーム部 5 について、第一関節機構 7 としての2本のワイヤ 7 1 及び2つのアイドルプーリ 7 2 の設け方を示している。2本のワイヤ 7 1 の一方を第一ワイヤ 7 1 1、他方を第二ワイヤ 7 1 2 と定義する。また、2つのアイドルプーリ 7 2 の一方を第一アイドルプーリ 7 2 1、他方を第二アイドルプーリ 7 2 2 と定義する。図 8 (a) は、1つの第一アーム部 5 a とこれの上側に隣接する第一アーム部 5 b を示す部分側面図である。図 8 (b) は、1つの第一アーム部 5 a とこれの上側に隣接する第一アーム部 5 b を示す部分斜視図である。

【 0 0 9 1 】

図 8 に示すように、第一ワイヤ 7 1 1 は、第一アイドルプーリ 7 2 1 を介して、第一アーム部 5 a の第一上部溝 5 2 2 3 を一方向に周回してから、第一アーム部 5 b の第一下部溝 5 3 2 3 を一方向に周回するように設けられている。一方、第二ワイヤ 7 1 2 は、第二アイドルプーリ 7 2 2 を介して、第一アーム部 5 a の第一上部溝 5 2 2 3 を他方向に周回してから、第一アーム部 5 b の第一下部溝 5 3 2 3 を他方向に周回するように設けられている。第一ワイヤ 7 1 1 と第二ワイヤ 7 1 2 は、第一アーム部 5 a と第一アーム部 5 b との間に配置される第二アーム部 6 の軸方向の長さが最も小さい箇所に対応する箇所 で交差する。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 2 】

第一ワイヤ 7 1 1 及び第二ワイヤ 7 1 2 は、図 6 (c) 及び (d) に示される第一実施形態に係るロボットアーム 1 0 0 の第一ワイヤ 3 1 1 及び第二ワイヤ 3 1 2 と同じように設けられている。より具体的には、第一ワイヤ 7 1 1 は、第一アーム部 5 a に設けられた第一ワイヤ固定部 5 2 2 5 から出て、第一アーム部 5 a の第一上部溝 5 2 2 3 を一方向に周回してから、第一アーム部 5 b の第一下部溝 5 3 2 3 を一方向に周回して、第一アーム部 5 b に設けられた第一ワイヤ固定部 5 3 2 5 に至るように設けられている。一方、第二ワイヤ 7 1 2 は、第一アーム部 5 a に設けられた第二ワイヤ固定部 5 2 2 6 から出て、第一アーム部 5 a の第一上部溝 5 2 2 3 を他方向に周回してから、第一アーム部 5 b の第一下部溝 5 3 2 3 を他方向に周回して、第一アーム部 5 b に設けられた第二ワイヤ固定部 5 3 2 6 に至るように設けられている。このように、第一ワイヤ 7 1 1 と第二ワイヤ 7 1 2 は対称的に設けられている。

10

【 0 0 9 3 】

第一関節機構 7 を構成する第一ワイヤ 7 1 1、第二ワイヤ 7 1 2 の動きは、それぞれの動きが第一アイドルプーリ 7 2 1、第二アイドルプーリ 7 2 2 にガイドされる以外は、図 6 (c) 及び (d) に示される第一実施形態に係るロボットアーム 1 0 0 の第一ワイヤ 3 1 1 及び第二ワイヤ 3 1 2 の動きと同じである。すなわち、例えば、第一アーム部 5 a が一方向に回転すると、第一ワイヤ 7 1 1 が第一アーム部 5 b を引っ張り、第一アーム部 5 b が第一アーム部 5 a と同じ方向に回転する。第一アーム部 5 b が他方向に回転すると、第一ワイヤ 7 1 1 が第一アーム部 5 a を引っ張り、第一アーム部 5 a が第一アーム部 5 b と同じ方向に回転する。例えば、第一アーム部 5 b が一方向に回転すると、第二ワイヤ 7 1 2 が第一アーム部 5 a を引っ張り、第一アーム部 5 a が第一アーム部 5 b と同じ方向に回転する。第一アーム部 5 a が他方向に回転すると、第二ワイヤ 7 1 2 が第一アーム部 5 b を引っ張り、第一アーム部 5 b が第一アーム部 5 a と同じ方向に回転する。

20

【 0 0 9 4 】

[第二関節機構]

第二関節機構 8 は、複数の第二アーム部 6 を連動回転させるものである。本実施形態において、第二関節機構 8 は、1 つの第二アーム部 6 とこれに最も近い第二アーム部 6 とを互いに連結する 2 本のワイヤ 8 1 と、2 本のワイヤ 8 1 それぞれの移動をガイドする 2 つのアイドルプーリ 8 2 とにより構成されている。第二関節機構 8 としての 2 本のワイヤ 8 1 及び 2 つのアイドルプーリ 8 2 は、1 つの第二アーム部 6 とこれに最も近い第二アーム部 6 が同じ方向及び回転角で回転するように、2 つの第二アーム部 6 を連結している。

30

【 0 0 9 5 】

図 9 では、第二アーム部 6 について、第二関節機構 8 としての 2 本のワイヤ 8 1 及び 2 つのアイドルプーリ 8 2 の設け方を示している。2 本のワイヤ 8 1 の一方を第一ワイヤ 8 1 1、他方を第二ワイヤ 8 1 2 と定義する。また、2 つのアイドルプーリ 8 2 の一方を第一アイドルプーリ 8 2 1、他方を第二アイドルプーリ 8 2 2 と定義する。図 9 (a) は、1 つの第二アーム部 6 a とこれの上側に隣接する第二アーム部 6 b を示す部分側面図である。図 9 (b) は、1 つの第二アーム部 6 a とこれの上側に隣接する第二アーム部 6 b を示す部分斜視図である。

40

【 0 0 9 6 】

図 9 に示すように、第一ワイヤ 8 1 1 は、第一アイドルプーリ 8 2 1 を介して、第二アーム部 6 a の第二上部溝 6 2 2 3 を一方向に周回してから、第二アーム部 6 b の第二下部溝 6 3 2 3 を一方向に周回するように設けられている。一方、第二ワイヤ 8 1 2 は、第二アイドルプーリ 8 2 2 を介して、1 つの第二アーム部 6 a の第二上部溝 6 2 2 3 を他方向に周回してから、第二アーム部 6 b の第二下部溝 6 3 2 3 を他方向に周回するように設けられている。第一ワイヤ 8 1 1 と第二ワイヤ 8 1 2 は、第二アーム部 6 a と第二アーム部 6 b との間に配置される第一アーム部 5 の軸方向の長さが最も小さい箇所に対応する箇所と交差する。

【 0 0 9 7 】

50

第一ワイヤ 8 1 1 及び第二ワイヤ 8 1 2 は、図 6 (a) 及び (b) に示される第一実施形態に係るロボットアーム 1 0 0 の第一ワイヤ 4 1 1 及び第二ワイヤ 4 1 2 と同じように設けられている。より具体的には、第一ワイヤ 8 1 1 は、第二アーム部 6 a に設けられた第一ワイヤ固定部 6 2 2 5 から出て、第二アーム部 6 a の第二上部溝 6 2 2 3 を一方向に周回してから、第二アーム部 6 b の第二下部溝 6 3 2 3 を一方向に周回して、第二アーム部 6 b に設けられた第一ワイヤ固定部 6 3 2 5 に至るように設けられている。一方、第二ワイヤ 8 1 2 は、第二アーム部 6 a に設けられた第二ワイヤ固定部 6 2 2 6 から出て、第二アーム部 6 a の第二上部溝 6 2 2 3 を他方向に周回してから、第二アーム部 6 b の第二下部溝 6 3 2 3 を他方向に周回して、第二アーム部 6 b に設けられた第二ワイヤ固定部 6 3 2 6 に至るように設けられている。このように、第一ワイヤ 8 1 1 と第二ワイヤ 8 1 2 は対称的に設けられている。

10

【 0 0 9 8 】

第二関節機構 8 を構成する第一ワイヤ 8 1 1 、第二ワイヤ 8 1 2 の動きは、それぞれの動きが第一アイドルプーリ 8 2 1 、第二アイドルプーリ 8 2 2 にガイドされる以外は、図 6 (a) 及び (b) に示される第一実施形態に係るロボットアーム 1 0 0 の第一ワイヤ 4 1 1 及び第二ワイヤ 4 1 2 の動きと同じである。すなわち、例えば、第二アーム部 6 b が一方向に回転すると、第一ワイヤ 8 1 1 が第二アーム部 6 a を引っ張り、第二アーム部 6 a が第二アーム部 6 b と同じ方向に回転する。第二アーム部 6 a が他方向に回転すると、第一ワイヤ 8 1 1 が第二アーム部 6 b を引っ張り、第二アーム部 6 b が第二アーム部 6 a と同じ方向に回転する。例えば、第二アーム部 6 a が一方向に回転すると、第二ワイヤ 8 1 2 が第二アーム部 6 b を引っ張り、第二アーム部 6 b が第二アーム部 6 a と同じ方向に回転する。第二アーム部 6 b が他方向に回転すると、第二ワイヤ 8 1 2 が第二アーム部 6 a を引っ張り、第二アーム部 6 a が第二アーム部 6 b と同じ方向に回転する。

20

【 0 0 9 9 】

ロボットアームの動作

第一実施形態のロボットアーム 1 0 0 と同様に、第二アーム部 6 a と第二アーム部 6 b とを接続する第一ワイヤ 8 1 1 及び第一アイドルプーリ 8 2 1 、第二ワイヤ 8 1 2 及び第二アイドルプーリ 8 2 2 は、第一アーム部 5 a の内側に位置している。同様に、第一アーム部 5 a と第一アーム部 5 b とを接続する第一ワイヤ 7 1 1 及び第一アイドルプーリ 7 2 1 、第二ワイヤ 7 1 2 及び第二アイドルプーリ 7 2 2 は、第二アーム部 6 a の内側に位置している。

30

【 0 1 0 0 】

例えば、図 9 において動きがある場合、第二アーム部 6 b は第一アーム部 5 a に対して回転する。そのため、第一アーム部 5 a が、第二アーム部 6 b と同じ角度、同じ速度で、ただし逆方向で、回転する。このようにして、図 9 における動きは、図 8 に同じ動きを生み出し、この動きはすべてのアーム部に伝播する。そのため、すべての第一アーム部 5 は連動して一方向に回転し、すべての第二アーム部 6 は連動して他方向に回転する。

【 0 1 0 1 】

したがって、本実施形態の第一関節機構 7 によれば、2 本のワイヤ 7 1 及び 2 つのアイドルプーリ 7 2 により、複数の第二アーム部 6 に対して相対的に、複数の第一アーム部 5 すべてが連動して同じ方向及び回転角で回転する。同様に、本実施形態の第二関節機構 8 によれば、2 本のワイヤ 8 1 及び 2 つのアイドルプーリ 8 2 により、複数の第一アーム部 5 に対して相対的に、複数の第二アーム部 6 すべてが連動して同じ方向及び回転角で回転する。そのため、一つのアクチュエータでロボットアーム 2 0 0 の曲げを制御することができる。

40

【 0 1 0 2 】

ロボットアーム 2 0 0 全体は、第一実施形態のロボットアーム 1 0 0 と同様に、図 7 に示されるように動作する。

【 0 1 0 3 】

なお、第一関節機構 7 を構成するワイヤ 7 1 及び第二関節機構 8 を構成するワイヤ 8 1

50

の材質、形状及び太さは、組み合わせて用いられるアイドルプーリ 7 2 及び 8 2 のサイズや形状、ロボットアーム 2 0 0 のサイズや用途、第一アーム部 5 及び第二アーム部 6 の剛体材料に応じて適宜選択することができる。ワイヤ 7 1 及びワイヤ 8 1 の材質の例としては、ナイロン、フロロカーボン、ポリエステル、ポリエチレン、ザイル麻、ジュート麻、マニラ麻、絹、カーボンファイバーやグラスファイバー等の特殊繊維、ゴムのような弾性材料、金属材料等が挙げられる。ワイヤ 7 1 及びワイヤ 8 1 の形状の例としては、単線状、より線状、チェーン等が挙げられる。ワイヤ 7 1 及びワイヤ 8 1 の太さは、ロボットアーム 2 0 0 の駆動に要する引張荷重に十分に耐えうる太さのものを適宜選定することができる。

【 0 1 0 4 】

10

また、第一関節機構 7 を構成するアイドルプーリ 7 2 及び第二関節機構 8 を構成するアイドルプーリ 8 2 の材質、形状及び大きさは、組み合わせて用いられるワイヤ 7 1 及び 8 1 の材質、形状及び太さ、ロボットアーム 2 0 0 のサイズや用途、第一アーム部 5 及び第二アーム部 6 の剛体材料に応じて適宜選択することができ、汎用品を用いてもよい。

【 0 1 0 5 】

〔 第三実施形態 〕

第三実施形態に係るロボットアーム 3 0 0 は、第一関節機構及び第二関節機構がそれぞれ、複数の平歯車により構成される以外は、第一実施形態に係るロボットアーム 1 0 0 と実質的に同じである。

【 0 1 0 6 】

20

ロボットアーム

本実施形態に係るロボットアーム 3 0 0 は、第一実施形態のロボットアーム 1 0 0 と同様に、表面が連続性を有する円柱状を呈し、図 1 3 に示すように、複数の第一アーム部 9 1、複数の第二アーム部 9 5、第一関節機構 9 8 (図 1 3 では不図示)、第二関節機構 9 9 (図 1 3 では不図示) を主に備える。複数の第一アーム部 9 1 と複数の第二アーム部 9 5 は、第一実施形態のロボットアーム 1 0 0 と同様に、交互に直列に配置されており、図 1 3 では詳細に示されていないが、軸方向の両端部が、軸線 X に垂直な面 S に対して互いに対向する方向に角度 α で傾斜している。図 1 3 においては、説明を容易にするために、ロボットアーム 3 0 0 は、第一アーム部 9 1 を 3 つ、第二アーム部 9 5 を 4 つ備えるものとして示されており、最下方に位置する第二アーム部 9 5 は、軸線に垂直な面で 1 / 2 に切断された状態で示されている。

30

【 0 1 0 7 】

〔 第一アーム部 〕

本実施形態において、第一アーム部 9 1 は、第一本体 9 2 と第一本体 9 2 の外周に取り付けられる第一保護カバー 9 3 とを有する。第一保護カバー 9 3 は、第一本体 9 2 に連動して回転するように構成されている。図 1 0 は、第一アーム部 9 1 の模式的斜視図であって、(a) は第一保護カバー 9 3 がいない状態、すなわち第一本体 9 2 のみを示しており、(b) は第一保護カバー 9 3 が取り付けられた状態を示している。

【 0 1 0 8 】

図 1 0 (a) に示すように、本実施形態において、第一本体 9 2 は剛体であって、軸中心に中空部 9 2 1 を有する筒形状である。図 1 0 (a) では詳細に示されていないが、第一本体 9 2 は、軸方向の上端部 9 2 2 に、軸線に垂直な面に対して上方向に角度 α で傾斜する環状の第一上部冠歯車 9 2 3 を有し、軸方向の下端部 9 2 4 に、軸線に垂直な面に対して下方向に角度 α で傾斜する環状の第一下部冠歯車 9 2 5 を有する。第一本体 9 2 の第一上部冠歯車 9 2 3、第一下部冠歯車 9 2 5 は、後述する第一関節機構 9 8 を構成する一対の第一下部平歯車 9 8 1、一対の第一上部平歯車 9 8 2 とそれぞれ噛み合う歯車である。

40

【 0 1 0 9 】

図 1 0 (b) に示すように、本実施形態において、第一保護カバー 9 3 は剛体の筒形状である。図 1 0 (b) では詳細に示されていないが、軸方向の上端部 9 3 2 に、軸線に垂直な面に対して上方向に第一本体 9 2 と同様の角度 α で傾斜する環状の第一摺動面 9 3 3

50

を有し、軸方向の下端部 9 3 4 に、軸線に垂直な面に対して下方向に第一本体 9 2 と同様の角度 α で傾斜する環状の第二摺動面 9 3 5 を有する。第一保護カバー 9 3 の第一摺動面 9 3 3、第二摺動面 9 3 5 は、後述する第二アーム部 9 5 の第二保護カバー 9 7 の第二摺動面 9 7 5、第一摺動面 9 7 3 とそれぞれ回転摺動する面である。

【0110】

後述するように、第二アーム部 9 5 の第二本体 9 6 の内周面に、第一本体 9 2 の第一上部冠歯車 9 2 3、第一下部冠歯車 9 2 5 とそれぞれ噛み合う一対の第一下部平歯車 9 8 1、一対の第一上部平歯車 9 8 2 が設けられているため、本実施形態において、第一本体 9 2 の直径は、後述する第二アーム部 9 5 の第二本体 9 6 の直径よりも小さい。一方、第一保護カバー 9 3 の直径は、後述する第二アーム部 9 5 の第二保護カバー 9 7 の直径と同一である。そのため、ロボットアーム 3 0 0 は、図 1 3 に示すように表面に連続性を有する。

10

【0111】

[第二アーム部]

本実施形態において、第二アーム部 9 5 は、第二本体 9 6 と第二本体 9 6 の外周に取り付けられる第二保護カバー 9 7 とを有する。第二保護カバー 9 7 は、第二本体 9 6 に連動して回転するように構成されている。図 1 1 (a) は、第二アーム部 9 5 の模式的斜視図であって、(a) は第二保護カバー 9 7 がいない状態、すなわち第二本体 9 6 のみを示しており、(b) は第二保護カバー 9 7 が取り付けられた状態を示している。

【0112】

図 1 1 (a) に示すように、本実施形態において、第二本体 9 6 は剛体であって、軸中心に中空部 9 6 1 を有する筒形状である。図 1 1 (a) では詳細に示されていないが、第二本体 9 6 は、軸方向の上端部 9 6 2 に、軸線に垂直な面に対して上方向に角度 α で傾斜する環状の第二上部冠歯車 9 6 3 を有し、軸方向の下端部 9 6 4 に、軸線に垂直な面に対して下方向に角度 α で傾斜する環状の第二下部冠歯車 9 6 5 を有する。第二本体 9 6 の第二上部冠歯車 9 6 3、第二下部冠歯車 9 6 5 は、後述する第二関節機構 9 9 を構成する一対の第二下部平歯車 9 9 1、一対の第二上部平歯車 9 9 2 とそれぞれ噛み合う歯車である。

20

【0113】

図 1 1 (b) に示すように、本実施形態において、第二保護カバー 9 7 は剛体の筒形状である。図 1 1 (b) では詳細に示されていないが、軸方向の上端部 9 7 2 に、軸線に垂直な面に対して上方向に第二本体 9 6 と同様の角度 α で傾斜する環状の第一摺動面 9 7 3 を有し、軸方向の下端部 9 7 4 に、軸線に垂直な面に対して下方向に第二本体 9 6 と同様の角度 α で傾斜する環状の第二摺動面 9 7 5 を有する。第二保護カバー 9 7 の第一摺動面 9 7 3、第二摺動面 9 7 5 は、第一アーム部 9 1 の第一保護カバー 9 3 の第二摺動面 9 3 5、第一摺動面 9 3 3 とそれぞれ回転摺動する面である。

30

【0114】

後述するように、第一アーム部 9 1 の第一本体 9 2 の外周面に、第二本体 9 6 の第二上部冠歯車 9 6 3、第二下部冠歯車 9 6 5 とそれぞれ噛み合う一対の第二下部平歯車 9 9 1、一対の第二上部平歯車 9 9 2 が設けられているため、本実施形態において、第二本体 9 6 の直径は、第一アーム部 9 1 の第一本体 9 2 の直径よりも大きい。一方、上述したように、第二保護カバー 9 7 の直径は、第一アーム部 9 1 の第一保護カバー 9 3 の直径と同一である。

40

【0115】

第一実施形態のロボットアーム 1 0 0 と同様に、ロボットアーム 3 0 0 の第一アーム部 9 1 及び第二アーム部 9 5 において、角度 α は、ロボットアーム 3 0 0 のサイズや用途等によって適宜設定することができる。なお、第一アーム部 9 1 及び第二アーム部 9 5 の角度 α の設定や組み合わせる個数によって、ロボットアーム 3 0 0 の合計回転角度 (第一アーム部 9 1 及び第二アーム部 9 5 を完全に回転した場合のロボットアーム 3 0 0 の曲げ角度) を調整することが可能であり、90°以上の曲げを達成することも可能である。

【0116】

ロボットアーム 3 0 0 の第一アーム部 9 1 の第一本体 9 2 及び第二アーム部 9 5 の第二

50

本体 9 6 は、上述のように、軸中心にそれぞれ中空部 9 2 1 及び 9 6 1 を有する筒形状の剛体である。第一アーム部 9 1 及び第二アーム部 9 5 がそれぞれ中空部 9 2 1 及び 9 6 1 を有することにより、トルクを効率的に伝達することができるため、第一アーム部 9 1 及び第二アーム部 9 5 の軽量化が実現でき、もって、ロボットアーム 3 0 0 全体の重量を減少させることができる。また、ロボットアーム 3 0 0 全体を通して連続する中空構造が形成されるので、中空内部にケーブル等の部品を通過させることができる。

【 0 1 1 7 】

ロボットアーム 3 0 0 の第一アーム部 9 1 の第一本体 9 2 及び第二アーム部 9 5 の第二本体 9 6 を構成する剛体とは、水中、高圧環境、クリーンルーム、放射性環境等の外部環境がロボットアーム 3 0 0 の内部に影響を与えない程度の障壁となり得る剛性を有する物体をいい、金属、プラスチック、セラミックス等を採用することができる。上記剛体は、ロボットアーム 3 0 0 を使用する外部環境、各アーム部の自重や必要な回転トルク等に応じて選定すればよく、軽量化のために剛性のあるメッシュ材料であってもよい。なお、ロボットアーム 3 0 0 の第一アーム部 9 1 の第一保護カバー 9 3 及び第二アーム部 9 5 の第二保護カバー 9 7 を構成する剛体としても、上述のものが使用できる。

【 0 1 1 8 】

[第一関節機構]

第一関節機構 9 8 は、複数の第一アーム部 9 1 を連動回転させるものである。本実施形態において、第一関節機構 9 8 は、一对の平歯車 9 8 1 及び一对の平歯車 9 8 2 により構成されている。一对の平歯車 9 8 1 及び一对の平歯車 9 8 2 は、1 つの第一アーム部 9 1 の第一本体 9 2 とこれに最も近い第一アーム部 9 1 の第一本体 9 2 が同じ方向及び回転角で回転するように、2 つの第一本体 9 2 を連結している。

【 0 1 1 9 】

図 1 1 に示されるように、一对の平歯車 9 8 1 及び一对の平歯車 9 8 2 は、第二アーム部 9 5 の第二本体 9 6 の内周面に設けられている。一对の平歯車 9 8 1 は径方向に互いに対向するように設けられている。同様に、一对の平歯車 9 8 2 は径方向に互いに対向するように設けられている。平歯車 9 8 1 と平歯車 9 8 2 は、軸方向に隣接して設けられている。なお、一对の平歯車 9 8 1 及び一对の平歯車 9 8 2 は、第二アーム部 9 5 の第二本体 9 6 の内周面に設けられているため、図 1 1 では、一对の平歯車 9 8 1 の一方及び一对の平歯車 9 8 2 の一方については、第二アーム部 9 5 の第二本体 9 6 の外周面に設けられるそれぞれの取り付け穴 9 8 1 ' 及び 9 8 2 ' のみが示されている。

【 0 1 2 0 】

図 1 1 において、平歯車 9 8 1 は軸方向の下方に配置されており、これを第一下部平歯車 9 8 1 と定義する。図 1 1 において、平歯車 9 8 2 は軸方向の上方に配置されており、これを第一上部平歯車 9 8 2 と定義する。軸方向に隣接する第一下部平歯車 9 8 1 と第一上部平歯車 9 8 2 は互いに噛み合っている。第一下部平歯車 9 8 1 は第一アーム部 9 1 の第一上部冠歯車 9 2 3 と噛み合うようになっており、第一上部平歯車 9 8 2 は第一アーム部 9 1 の第一下部冠歯車 9 2 5 と噛み合うようになっている。

【 0 1 2 1 】

第一関節機構 9 8 を構成する一对の第一下部平歯車 9 8 1 、一对の第一上部平歯車 9 8 2 の動きについて、図 1 2 の第一本体 9 2 a 、第二本体 9 6 b 、第一本体 9 2 b を用いて、具体的に説明する。

【 0 1 2 2 】

例えば、第一本体 9 2 a が一方向（第一本体 9 2 a 上の矢印方向）に回転すると、第一本体 9 2 a の第一上部冠歯車 9 2 3 の回転を受けて、一对の第一下部平歯車 9 8 1 （図 1 2 では不図示）が回転し、一对の第一下部平歯車 9 8 1 の回転を受けて、一对の第一上部平歯車 9 8 2 （図 1 2 では不図示）が回転し、一对の第一上部平歯車 9 8 2 の回転を受けて、第一本体 9 2 b の第一下部冠歯車 9 2 5 が回転することにより、第一本体 9 2 b は第一本体 9 2 a と同じ方向（第一本体 9 2 b 上の矢印方向）に回転する。第一本体 9 2 a が他方向（第一本体 9 2 a 上の矢印とは逆方向）に回転すると、第一本体 9 2 a の第一上部

冠歯車 9 2 3 の回転を受けて、一对の第一下部平歯車 9 8 1 (図 1 2 では不図示) が回転し、一对の第一下部平歯車 9 8 1 の回転を受けて、一对の第一上部平歯車 9 8 2 (図 1 2 では不図示) が回転し、一对の第一上部平歯車 9 8 2 の回転を受けて、第一本体 9 2 b の第一下部冠歯車 9 2 5 が回転することにより、第一本体 9 2 b は第一本体 9 2 a と同じ方向 (第一本体 9 2 b 上の矢印とは逆方向) に回転する。

【 0 1 2 3 】

[第二関節機構]

第二関節機構 9 9 は、複数の第二アーム部 9 5 を連動回転させるものである。本実施形態において、第二関節機構 9 9 は、一对の平歯車 9 9 1 及び一对の平歯車 9 9 2 により構成されている。一对の平歯車 9 9 1 及び一对の平歯車 9 9 2 は、1つの第二アーム部 9 5 とこれに最も近い第二アーム部 9 5 が同じ方向及び回転角で回転するように、2つの第二アーム部 9 5 を連結している。

10

【 0 1 2 4 】

図 1 0 に示されるように、一对の平歯車 9 9 1 及び一对の平歯車 9 9 2 は、第一アーム部 9 1 の第一本体 9 2 の外周面に設けられている。一对の平歯車 9 9 1 は径方向に互いに対向するように設けられている。同様に、一对の平歯車 9 9 2 は径方向に互いに対向するように設けられている。平歯車 9 9 1 と平歯車 9 9 2 は、軸方向に隣接して設けられている。なお、一对の平歯車 9 9 1 及び一对の平歯車 9 9 2 は、第一アーム部 9 1 の第一本体 9 2 の外周面に設けられているため、図 1 0 では、一对の平歯車 9 9 1 の一方及び一对の平歯車 9 9 2 の一方については、第一アーム部 9 1 の第一本体 9 2 の内周面に設けられるそれぞれの取り付け穴 9 9 1 ' 及び 9 9 2 ' のみが示されている。

20

【 0 1 2 5 】

図 1 0 において、平歯車 9 9 1 は軸方向の下方に配置されており、これを第二下部平歯車 9 9 1 と定義する。図 1 0 において、平歯車 9 9 2 は軸方向の上方に配置されており、これを第二上部平歯車 9 9 2 と定義する。軸方向に隣接する第二下部平歯車 9 9 1 と第二上部平歯車 9 9 2 は互いに噛み合っている。第二下部平歯車 9 9 1 は第二アーム部 9 5 の第二上部冠歯車 9 6 3 と噛み合うようになっており、第二上部平歯車 9 9 2 は第二アーム部 9 5 の第二下部冠歯車 9 6 5 と噛み合うようになっている。

【 0 1 2 6 】

第二関節機構 9 9 を構成する一对の第二下部平歯車 9 9 1 、一对の第二上部平歯車 9 9 2 の動きについて、図 1 2 の第二本体 9 6 b 、第一本体 9 2 b 、第二本体 9 6 c を用いて、具体的に説明する。

30

【 0 1 2 7 】

例えば、第二本体 9 6 b が一方向 (第二本体 9 6 b 上の矢印方向) に回転すると、第二本体 9 6 b の第二上部冠歯車 9 6 3 の回転を受けて、一对の第二下部平歯車 9 9 1 が回転し、一对の第二下部平歯車 9 9 1 の回転を受けて、一对の第二上部平歯車 9 9 2 が回転し、一对の第二上部平歯車 9 9 2 の回転を受けて、第二本体 9 6 c の第二下部冠歯車 9 6 5 が回転することにより、第二本体 9 6 c は第二本体 9 6 b と同じ方向 (第二本体 9 6 c 上の矢印方向) に回転する。第二本体 9 6 b が他方向 (第二本体 9 6 b 上の矢印とは逆方向) に回転すると、第二本体 9 6 b の第二上部冠歯車 9 6 3 の回転を受けて、一对の第二下部平歯車 9 9 1 が回転し、一对の第二下部平歯車 9 9 1 の回転を受けて、一对の第二上部平歯車 9 9 2 が回転し、一对の第二上部平歯車 9 9 2 の回転を受けて、第二本体 9 6 c の第二下部冠歯車 9 6 5 が回転することにより、第二本体 9 6 c は第二本体 9 6 b と同じ方向 (第二本体 9 6 c 上の矢印とは逆方向) に回転する。

40

【 0 1 2 8 】

本実施形態の第一関節機構 9 8 によれば、上述のように、一对の第一下部平歯車 9 8 1 及び一对の第一上部平歯車 9 8 2 により、複数の第一本体 9 2 が順次連結されていることにより、複数の第二本体 9 6 に対して相対的に、複数の第一本体 9 2 すべてが連動して同じ方向及び回転角で回転する。そして、第一本体 9 2 に連動して、第一保護カバー 9 3 が回転する。同様に、本実施形態の第二関節機構 9 9 によれば、上述のように、一对の第二

50

下部平歯車 9 9 1 及び一对の第二上部平歯車 9 9 2 により、複数の第二本体 9 6 が順次連結されていることにより、複数の第一本体 9 2 に対して相対的に、複数の第二本体 9 6 すべてが連動して同じ方向及び回転角で回転する。そして、第二本体 9 6 に連動して、第二保護カバー 9 7 が回転する。そのため、一つのアクチュエータでロボットアーム 3 0 0 の曲げを制御することができる。

【 0 1 2 9 】

なお、本実施形態の第一関節機構 9 8 において、第一下部平歯車 9 8 1 及び第一上部平歯車 9 8 2 は、それぞれ一对が、すなわちそれぞれ 2 つが径方向に互いに対向するように設けられているが、これに限られるものではなく、複数の第一下部平歯車 9 8 1 及び複数の第一上部平歯車 9 8 2 がそれぞれ、径方向にバランスよく配置されていてもよい。同様に、本実施形態の第二関節機構 9 9 において、第二下部平歯車 9 9 1 及び第二上部平歯車 9 9 2 は、それぞれ一对が、すなわちそれぞれ 2 つが径方向に互いに対向するように設けられているが、これに限られるものではなく、複数の第二下部平歯車 9 9 1 及び複数の第二上部平歯車 9 9 2 がそれぞれ、径方向にバランスよく配置されていてもよい。

【 0 1 3 0 】

第一関節機構 9 8 を構成する平歯車 9 8 1 及び 9 8 2、並びに第二関節機構 9 9 を構成する平歯車 9 9 1 及び 9 9 2 の材質、形状及び大きさは、噛み合わせられる第一本体 9 2 の冠歯車 9 2 3 及び 9 2 5、並びに第二本体 9 6 の冠歯車 9 6 3 及び 9 6 5 の材質、形状及び太さ、ロボットアーム 3 0 0 のサイズや用途に応じて適宜選択することができ、汎用品を用いてもよい。

【 0 1 3 1 】

ロボットアームの動作

第一アーム部 9 1 の第一保護カバー 9 3 が第一本体 9 2 に連動して回転し、第二アーム部 9 5 の第二保護カバー 9 7 が第二本体 9 6 に連動して回転するため、第一保護カバー 9 3 と第二保護カバー 9 7 が互いに摺動回転する以外は、ロボットアーム 3 0 0 は、実質的に第一実施形態のロボットアーム 1 0 0 と同様に、図 7 に示されるように動作する。

【 0 1 3 2 】

以上、本発明について図面を参照にして説明してきたが、本発明は上記実施形態に限定されず、種々の変更実施が可能である。上記実施形態では、複数の第一アーム部と、複数の第二アーム部と、複数の第一アーム部を連動回転させる複数の第一関節機構と、複数の第二アーム部を連動回転させる複数の第二関節機構とを備える構成を例に挙げて説明しているが、本発明に係るロボットアームは、少なくとも 2 つの第一アーム部と、少なくとも 1 つの第二アーム部と、2 つの第一アーム部を連動回転させる第一関節機構とを備えていれば実現可能である。また、関節機構として、第一実施形態では 2 本のワイヤを、第二実施形態では 2 本のワイヤ及び 2 つのアイドルプーリを、第三実施形態では複数の平歯車を用いているが、関節機構は、複数の第二アーム部に対して、複数の第一アーム部が相対的に同じ方向及び回転角で回転するように、第一アーム部と第二アーム部を連結するものであれば上述のものに限られるものではない。

【産業上の利用可能性】

【 0 1 3 3 】

本発明のロボットアームは、構造が簡易でありながら、一つのアクチュエータでアームの曲げを制御可能であり、アーム全体の軽量化を実現可能であるので、産業用ロボットだけではなく、ヒューマノイドロボットに好適に使用することができるため、その産業上の利用可能性は大きい。

【符号の説明】

【 0 1 3 4 】

〔第一実施形態〕

1 0 0 ロボットアーム

1 第一アーム部

1 1 中空部

1 2	上端部	
1 2 1	第一摺動面	
1 2 2	係合部	
1 2 2 1	凸部	
1 2 2 2	凹部	
1 2 2 3	第一上部溝	
1 2 2 5	第一ワイヤ固定部	
1 2 2 6	第二ワイヤ固定部	
1 3	下端部	
1 3 1	第二摺動面	10
1 3 2	係合部	
1 3 2 1	凸部	
1 3 2 2	凹部	
1 3 2 3	第一下部溝	
1 3 2 5	第一ワイヤ固定部	
1 3 2 6	第二ワイヤ固定部	
1 4、1 5	斜面部	
1 6 a ~ 1 6 d	貫通孔	
2	第二アーム部	
2 1	中空部	20
2 2	上端部	
2 2 1	第一摺動面	
2 2 2	係合部	
2 2 2 1	凸部	
2 2 2 2	凹部	
2 2 2 3	第二上部溝	
2 2 2 5	第一ワイヤ固定部	
2 2 2 6	第二ワイヤ固定部	
2 3	下端部	
2 3 1	第二摺動面	30
2 3 2	係合部	
2 3 2 1	凸部	
2 3 2 2	凹部	
2 3 2 3	第二下部溝	
2 3 2 5	第一ワイヤ固定部	
2 3 2 6	第二ワイヤ固定部	
2 4、2 5	斜面部	
2 6 a ~ 2 6 d	貫通孔	
3	第一関節機構	
3 1	ワイヤ	40
3 1 1	第一ワイヤ	
3 1 2	第二ワイヤ	
3 2	交差点	
4	第二関節機構	
4 1	ワイヤ	
4 1 1	第一ワイヤ	
4 1 2	第二ワイヤ	
4 2	交差点	
〔第二実施形態〕		
2 0 0	ロボットアーム	50

5	第一アーム部	
5 1	中空部	
5 2	上端部	
5 2 1	第一摺動面	
5 2 2 3	第一上部溝	
5 2 2 5	第一ワイヤ固定部	
5 2 2 6	第二ワイヤ固定部	
5 3	下端部	
5 3 1	第二摺動面	
5 3 2 3	第一下部溝	10
5 3 2 5	第一ワイヤ固定部	
5 3 2 6	第二ワイヤ固定部	
5 4、5 5	斜面部	
6	第二アーム部	
6 1	中空部	
6 2	上端部	
6 2 1	第一摺動面	
6 2 2 3	第二上部溝	
6 2 2 5	第一ワイヤ固定部	
6 2 2 6	第二ワイヤ固定部	20
6 3	下端部	
6 3 1	第二摺動面	
6 3 2 3	第二下部溝	
6 3 2 5	第一ワイヤ固定部	
6 3 2 6	第二ワイヤ固定部	
6 4、6 5	斜面部	
7	第一関節機構	
7 1	ワイヤ	
7 1 1	第一ワイヤ	
7 1 2	第二ワイヤ	30
7 2	アイドルプーリ	
7 2 1	第一アイドルプーリ	
7 2 2	第二アイドルプーリ	
8	第二関節機構	
8 1	ワイヤ	
8 1 1	第一ワイヤ	
8 1 2	第二ワイヤ	
8 2	アイドルプーリ	
8 2 1	第一アイドルプーリ	
8 2 2	第二アイドルプーリ	40
〔第三実施形態〕		
3 0 0	ロボットアーム	
9 1	第一アーム部	
9 2	第一本体	
9 2 1	中空部	
9 2 2	上端部	
9 2 3	第一上部冠歯車	
9 2 4	下端部	
9 2 5	第一下部冠歯車	
9 3	第一保護カバー	50

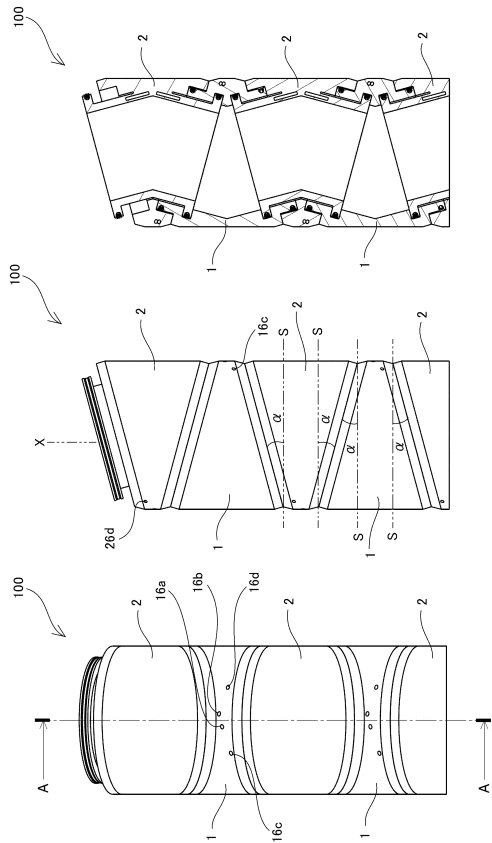
- 9 3 2 上端部
- 9 3 3 第一摺動面
- 9 3 4 下端部
- 9 3 5 第二摺動面
- 9 5 第二アーム部
- 9 6 第二本体
 - 9 6 1 中空部
 - 9 6 2 上端部
 - 9 6 3 第二上部冠歯車
 - 9 6 4 下端部
 - 9 6 5 第二下部冠歯車
- 9 7 第二保護カバー
 - 9 7 2 上端部
 - 9 7 3 第一摺動面
 - 9 7 4 下端部
 - 9 7 5 第二摺動面
- 9 8 第一関節機構
 - 9 8 1 第一下部平歯車
 - 9 8 2 第一上部平歯車
 - 9 8 1'、9 8 2' 取り付け穴
- 9 9 第二関節機構
 - 9 9 1 第二下部平歯車
 - 9 9 2 第二上部平歯車
 - 9 9 1'、9 9 2' 取り付け穴

10

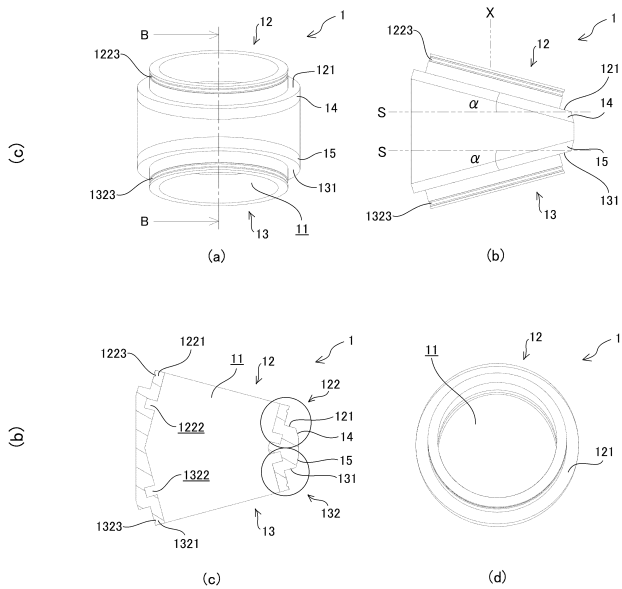
20

【図面】

【図 1】



【図 2】

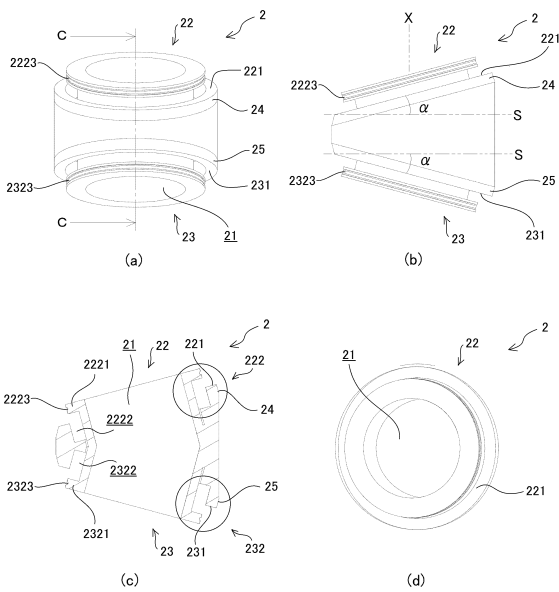


30

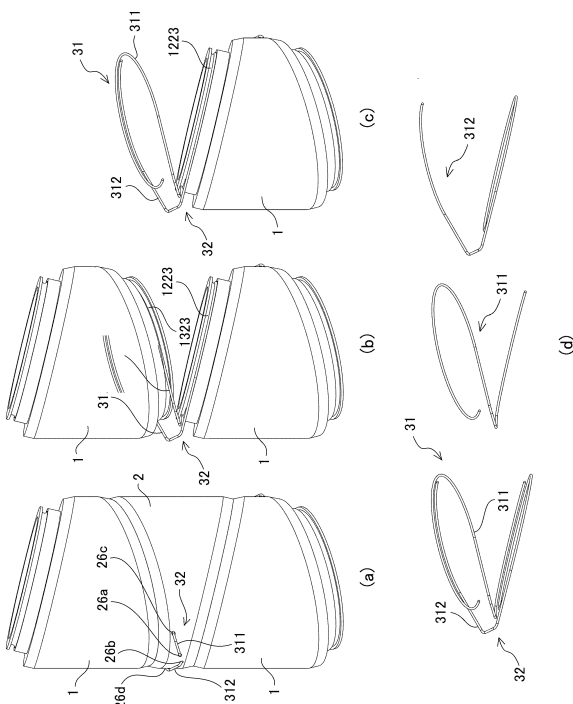
40

50

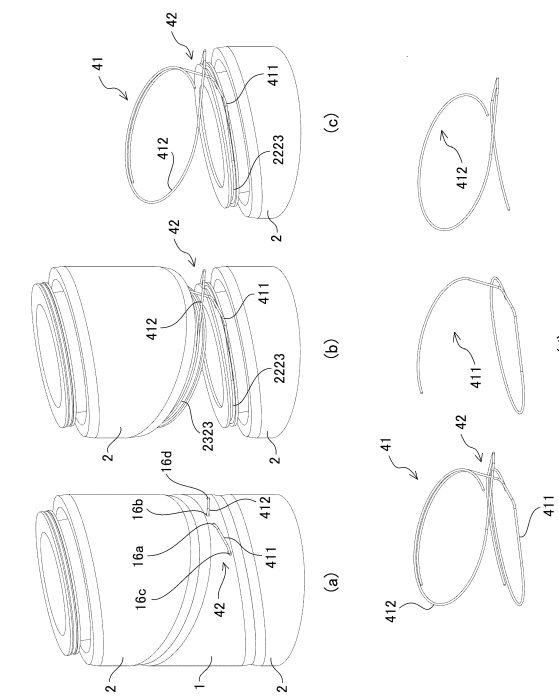
【図 3】



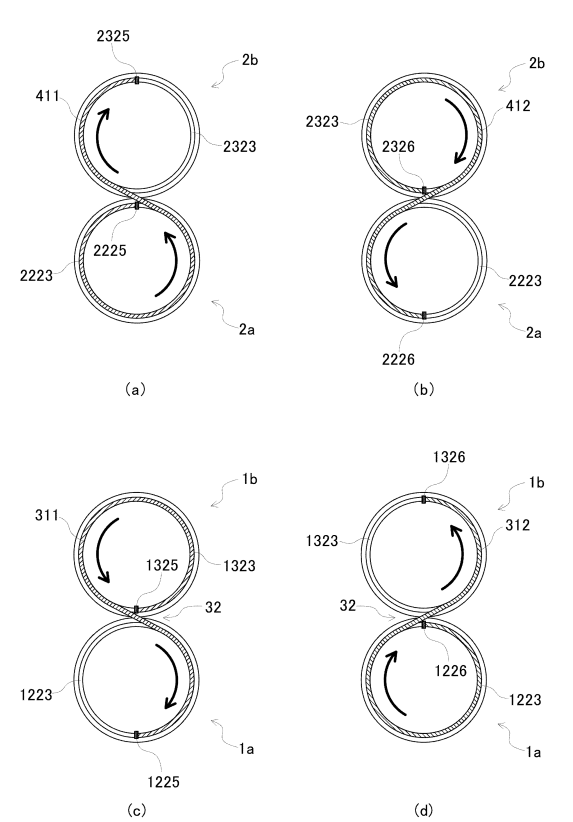
【図 4】



【図 5】



【図 6】



10

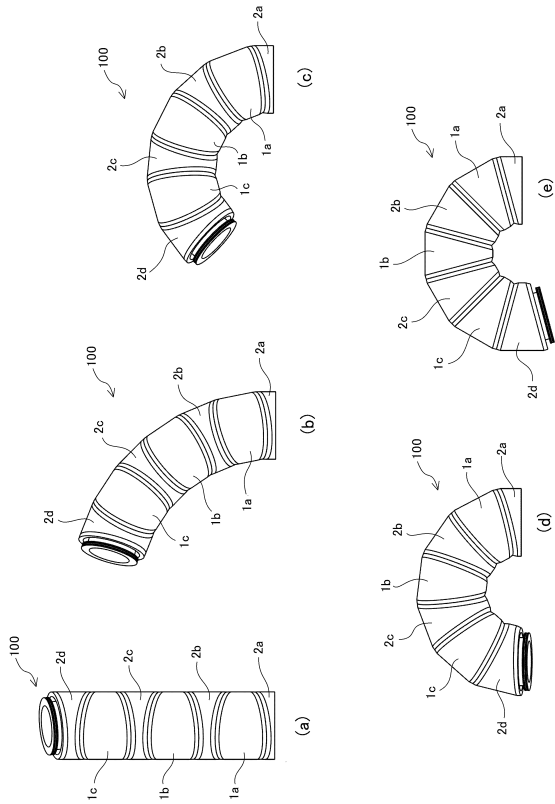
20

30

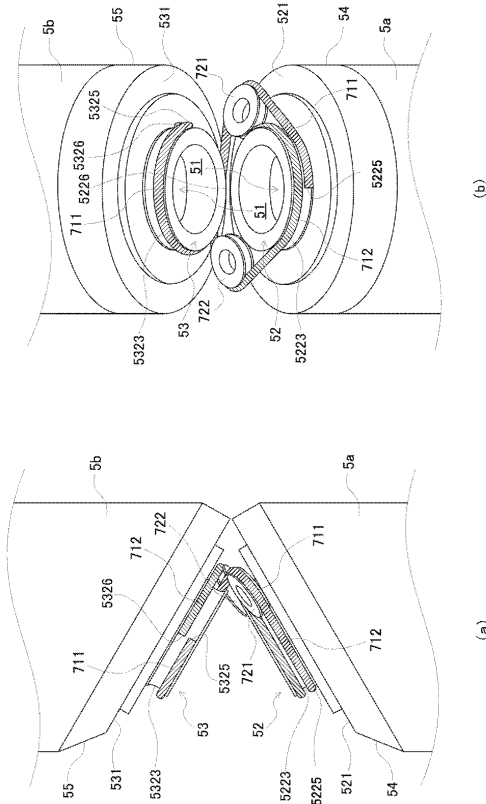
40

50

【図 7】



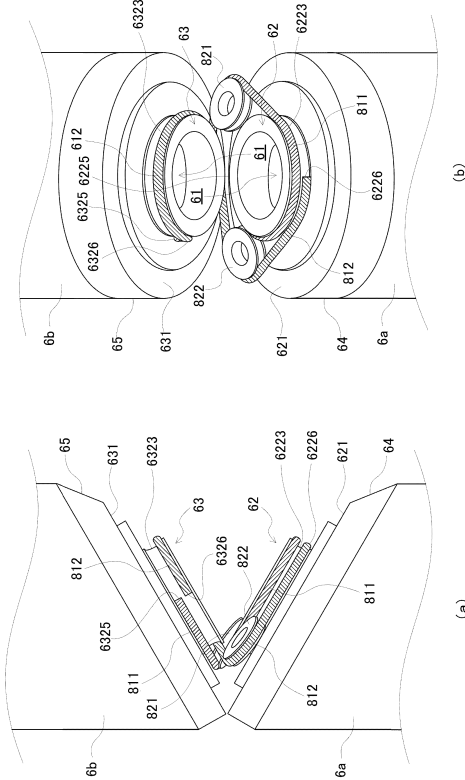
【図 8】



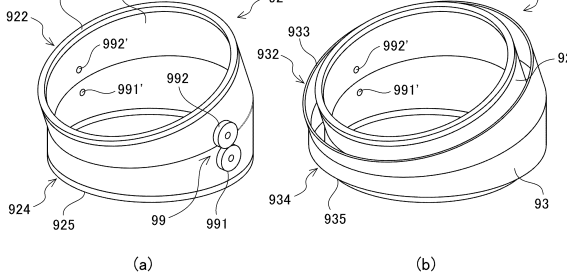
10

20

【図 9】



【図 10】

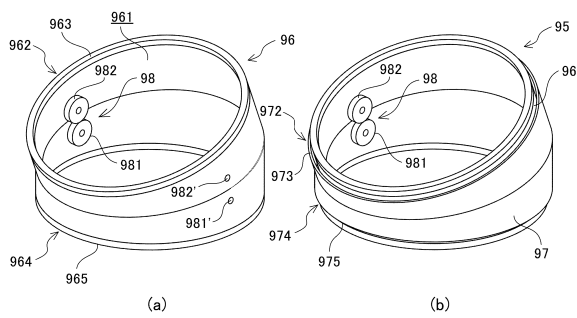


30

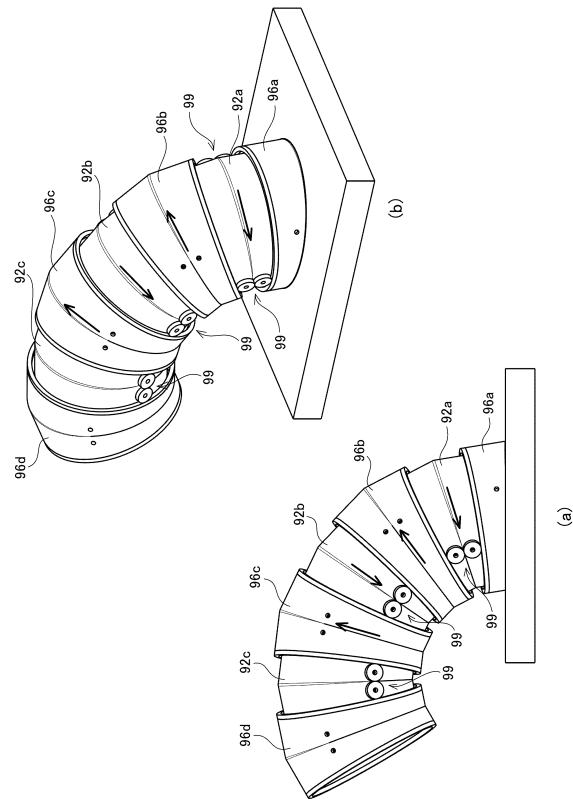
40

50

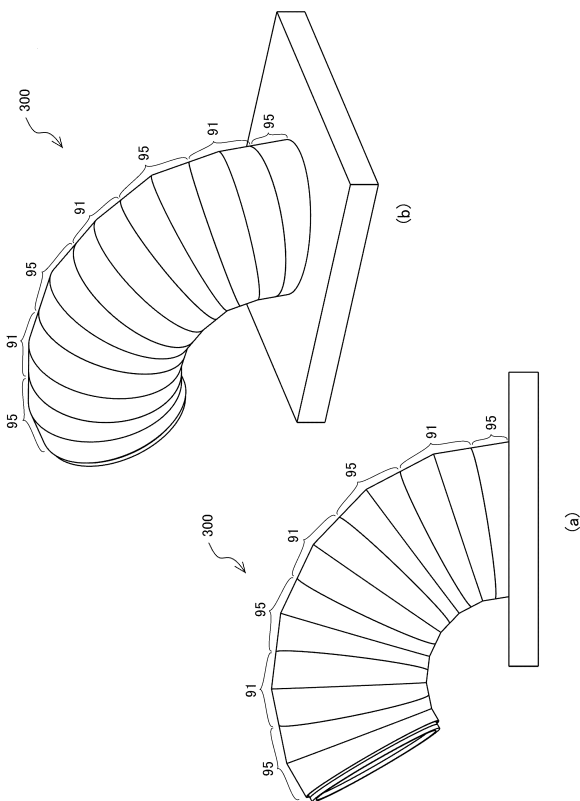
【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開昭 6 1 - 1 2 1 8 9 4 (J P , A)
特開平 1 0 - 3 4 5 8 6 (J P , A)
(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
B 2 5 J 1 / 0 0 - 2 1 / 0 2