

(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2017-196676

(P2017-196676A)

(43) 公開日 平成29年11月2日(2017.11.2)

(51) Int.Cl.
B25J 19/00 (2006.01)

F I
B25J 19/00

テーマコード(参考)
3C707

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2016-87478 (P2016-87478)
(22) 出願日 平成28年4月25日(2016.4.25)

(71) 出願人 000005326
本田技研工業株式会社
東京都港区南青山二丁目1番1号
(74) 代理人 110001379
特許業務法人 大島特許事務所
(72) 発明者 岩崎 慎伍
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
社本田技術研究所内
(72) 発明者 石▲崎▼ 隆介
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
社本田技術研究所内
Fターム(参考) 3C707 CS08 CY03 CY06 CY07 CY12
CY17 WA03

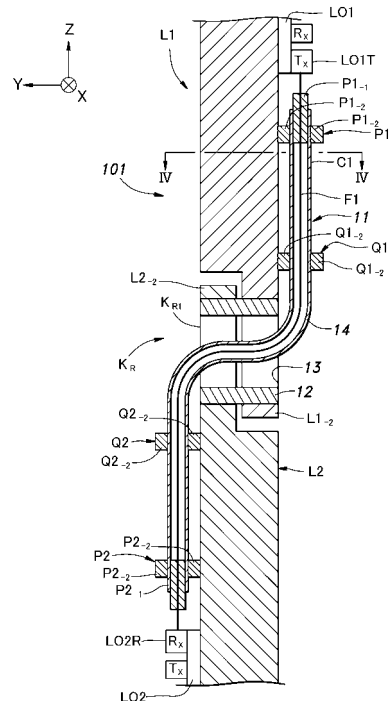
(54) 【発明の名称】 ケーブルを備える関節機構

(57) 【要約】

【課題】 光ファイバケーブルを備える関節部において、ケーブルが使用時の屈曲によって断線や損傷を受ける虞の少ない関節機構を提供する。

【解決手段】 関節機構101がケーブルを有する関節 K_R において関節を介して互いに変位可能に連結され、それぞれ信号送受信装置を備える第1リンクL1及び第2リンクL2と、第1リンクの信号送受信装置LO2と第2リンクの信号送受信装置LO3とを繋ぐように敷設されるケーブル芯線F1を含むケーブル11と、第1リンク及び第2リンクのそれぞれに関節から離れた位置に設けられ、ケーブルと対応するリンクに保持する芯線保持部P1及びP2と、第1リンク及び第2リンクのそれぞれの芯線保持部よりも関節に近い位置に設けられ、ケーブル芯線F1を対応するリンクに所定の範囲で移動可能に係止する芯線係止部Q1及びQ2とを備える。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

関節を介して互いに変位可能に連結され、それぞれ信号送受信装置を備える第 1 リンク及び第 2 リンクと、

前記第 1 リンクの前記信号送受信装置と前記第 2 リンクの前記信号送受信装置とを繋ぐように敷設されるケーブル芯線を含むケーブルと、

前記第 1 リンク及び前記第 2 リンクのそれぞれに関節から離れた位置に設けられ、前記ケーブル芯線に対応するリンクに保持する芯線保持部と、

前記第 1 リンク及び前記第 2 リンクのそれぞれの前記芯線保持部よりも前記関節に近い位置に設けられ、前記ケーブル芯線に対応するリンクに所定の範囲で移動可能に係止する芯線係止部とを備えることを特徴とする関節機構。 10

【請求項 2】

前記芯線係止部が前記第 1 リンク及び前記第 2 リンクにそれぞれ複数設けられることを特徴とする請求項 1 に記載の関節機構。

【請求項 3】

前記ケーブル芯線が光ファイバ芯線であり、

前記信号送受信装置が光送受信装置であって、

前記ケーブルが前記光ファイバ芯線と前記光ファイバ芯線の軸線に直交する方向へ所定の範囲で移動可能に被覆する被覆材とを有する光ファイバケーブルであり、

前記芯線係止部が前記被覆材を前記リンクに固定する被覆材固定部を含むことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の関節機構。 20

【請求項 4】

前記芯線保持部が前記光ファイバ芯線を前記被覆材に固定する芯線固定部と前記被覆材を前記リンクに固定する被覆材固定部とを含むことを特徴とする請求項 3 に記載の関節機構。

【請求項 5】

前記光ファイバ芯線の許容曲げ半径が前記被覆材の許容曲げ半径よりも小さいことを特徴する請求項 4 に記載の関節機構。

【請求項 6】

前記関節が前記第 2 リンクを前記第 1 リンクに対して 1 つの回動軸を中心とする回動可能に前記第 1 リンクに連結する連結部によって構成され、 30

前記連結部が前記回動軸に沿って設けられた内孔を備える回動軸部材を有し、

前記光ファイバケーブルが前記内孔を通るように敷設されることを特徴とする請求項 4 又は請求項 5 に記載の関節機構。

【請求項 7】

前記第 1 リンクと前記第 2 リンクとの間に連結される少なくとも 1 つの中間リンクを備え、

前記第 1 リンクはリンクを互いに 1 つの回動軸を中心とする回動可能に連結する連結部を介して順番に前記第 2 リンクに連結され、

前記中間リンクのそれぞれに前記芯線係止部が少なくとも 2 つ設けられることを特徴とする請求項 4 又は請求項 5 に記載の関節機構。 40

【請求項 8】

全ての前記連結部が前記回動軸に沿って設けられた内孔を備える回動軸部材を有し、

前記光ファイバケーブルが全ての前記内孔を通るように敷設されることを特徴とする請求項 7 に記載の関節機構。

【請求項 9】

前記関節が前記第 1 リンクに対して前記第 2 リンクを並進変位させるように連結することを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれかに記載の関節機構。

【請求項 10】

前記関節が前記第 1 リンクに対して前記第 2 リンクをねじれ変位させるように連結する 50

ことを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれかに記載の関節機構。

【請求項 1 1】

前記光ファイバケーブルが複数の前記光ファイバ芯線を備えることを特徴とする請求項 3 から請求項 9 のいずれかに記載の関節機構。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ロボット内部に敷設されたケーブルを備える関節機構に関する。

【背景技術】

【0002】

ロボットの姿勢を高速に且つノイズを受けずに制御するため、2つのリンクを連結する関節部の回動軸上に光送信装置と光受信装置とを設け、光送信装置と光受信装置との間に光ファイバケーブルを敷設し、光送信装置と光受信装置との間で光信号の伝送を行うロボットが開示されている（例えば、特許文献 1）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2015 - 174208 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、複数の関節部を備えるロボットでは、複数の関節部を介して接続された複数のリンクにそれぞれ関節制御装置を設け、それら複数の関節制御装置を連動させることによって、ロボットの姿勢制御が行われるようになってきている。しかしながら、互いに複数の関節を介して接続されたリンク上の関節制御装置間に光信号を伝送させるためには、関節制御装置間に設けられた関節部の全ての回動軸に光送信装置と光受信装置とを設けて中継する必要がある。一方、回動軸から外れた位置、又は、複数の関節を介して接続された2つのリンク上にそれぞれ光送信装置と光受信装置とを設け、ケーブルによって光送信装置と光受信装置とを接続すると、ケーブルは関節部において、屈設されるため、関節部の屈曲によってケーブルが破損する虞があった。

【0005】

本発明は、このような背景に鑑み、光ファイバケーブルを備える関節部において、ケーブルが使用時の屈曲によって断線や損傷を受ける虞の少ない関節機構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】

【0006】

上記課題を解決するために、ケーブルを備える関節機構（101、201、301、401）が、関節（ K_R 、 E_R 、 M_R 、 U_R ）を介して互いに変位可能に連結され、それぞれ信号送受信装置（ $LO2$ 、 $LO3$ 、 $AO1$ 、 $AO2$ 、 $MO1$ 、 $MO2$ 、 $UO1$ 、 $UO2$ ）を備える第1リンク（ $L1$ 、 $A1$ 、 $M1$ 、 $U1$ ）及び第2リンク（ $L2$ 、 $A2$ 、 $M2$ 、 $U2$ ）と、前記第1リンクの前記信号送受信装置と前記第2リンクの前記信号送受信装置とを繋ぐように敷設されるケーブル（ $F1$ 、 $F2$ 、 $F3$ 、 $F4$ ）と、前記第1リンク及び前記第2リンクのそれぞれに関節から離れた位置に設けられ、前記ケーブルを対応するリンクに保持する芯線保持部（ $P1 \sim P8$ ）と、前記第1リンク及び前記第2リンクのそれぞれの前記芯線保持部よりも前記関節に近い位置に設けられ、前記ケーブルを対応するリンクに所定の範囲で移動可能に係止する芯線係止部（ $Q1 \sim Q10$ ）を備えることよ。

【0007】

ここで関節を介して互いに変位可能に連結されるとは、第1リンクと第2リンクとが1軸回動可能に連結する連結軸によって直接連結される場合と他のリンクを介して間接的に連結される場合とを含む。

10

20

30

40

50

【0008】

この態様によれば、ケーブルが芯線保持部においてリンクに保持され、芯線保持部よりも関節機構に近い位置に設けられた芯線係止部において、ケーブルが所定の範囲で移動可能にリンクに係止される。ケーブルが関節機構に備えられたリンクに保持されつつ、ケーブルが関節部での屈曲に応じて移動可能であるように係止されるため、関節部での屈曲によってケーブルが受ける荷重を緩和することが可能となる。

【0009】

また、上記ケーブルを備える関節機構(201)において、前記芯線係止部(Q11、Q14)が、前記第1リンク(A1)及び前記第2リンク(A2)にそれぞれ複数設けられるとよい。

【0010】

この態様によれば、ケーブルが複数の芯線係止部によって係止され、ケーブルをよりリンクに沿って敷設することが可能となる。

【0011】

また、上記ケーブルを備える関節機構(101、201、301、401)において、ケーブル芯線(11、21、31)が光ファイバ芯線(F1、F2、F3、F4)であり、前記信号送受信装置が光送受信装置(L02、L03、A01、A02、M01、M02、U01、U02)であって、前記ケーブルが前記光ファイバ芯線を前記光ファイバ芯線の軸線に直交する方向へ所定の範囲で移動可能に被覆する被覆材(C1、C2、C3、C4)とを有する光ファイバケーブルであって、前記芯線係止部(Q1~Q14)が前記被覆材を前記リンクに固定する被覆材固定部(Q1₁、Q2₁)を含むとよい。

【0012】

この態様によれば、ケーブルが光ファイバケーブルであり、信号送受信装置が光送受信装置であって、被覆材固定部によって被覆材がリンクに固定され、リンクに固定された被覆材によって光ファイバケーブルの軸線に直交する方向への移動が規制される。光ファイバ芯線をリンクに所定の範囲で移動可能に係止する構成が被覆材及び被覆材固定部による簡単な構成で実現される。

【0013】

また、上記芯線保持部(P1~P8)が前記光ファイバ芯線(F1、F2、F3、F4)を前記被覆材(C1、C2、C3、C4)に固定する芯線固定部(P1₁、P2₁)と前記被覆材を前記リンクに固定する被覆材固定部(P1₂、P2₂)とを含むとよい。

【0014】

この態様によれば、芯線固定部によって、光ファイバ芯線が被覆材に固定され、被覆材固定部によって、被覆材がリンクに固定される。光ファイバ芯線をリンクに固定し保持する構成が芯線固定部及び被覆材固定部による簡単な構成によって実現される。

【0015】

また、上記光ファイバ芯線(F1、F2、F3、F4)の許容曲げ半径が前記被覆材の許容曲げ半径よりも小さいとよい。

【0016】

この態様によれば、関節部におけるケーブルの曲げ半径が被覆材の許容曲げ半径よりも小さく光ファイバケーブルの許容曲げ半径よりも大きい時に、光ファイバ芯線は破損せず被覆材のみが破損しうるため、被覆材の破損によってケーブルの曲げ半径の小さい箇所を同定することが可能となる。

【0017】

上記関節(K_R)が前記第2リンク(L2)を前記第1リンク(L1)に対して1つの回動軸を中心とする回動可能に前記第1リンクに連結する連結部(K_{R1})によって構成され、前記連結部が前記回動軸に沿って設けられた内孔(13)を備える回動軸部材(12)を有し、前記光ファイバケーブル(11)が前記内孔を通るように敷設されるとよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 8 】

この態様によれば、光ファイバケーブルが連結部の回動軸に沿って敷設される。

【 0 0 1 9 】

また、上記第 1 リンク (A 1) と前記第 2 リンク (A 2) との間に連結される少なくとも 1 つの中間リンク (E) を備え、前記第 1 リンクは、リンクを互いに 1 軸に回動可能に連結する連結部 (E_{R1} 、 E_{R2}) を介して順番に第 2 リンクにまで連結され、前記ケーブル (2 1) が第 1 リンクから順番に設けられた連結部を介して第 2 リンクに接続され、前記中間リンクのそれぞれに前記芯線係止部 (Q 4、Q 5) が少なくとも 2 つ設けられるとよい。

【 0 0 2 0 】

この態様によれば、光ファイバ芯線を第 1 リンク及び第 2 リンクの間に関連された中間リンクに係止することが可能となる。

【 0 0 2 1 】

上記連結部 (E_{R1} 、 E_{R2}) の全てが前記回動軸に沿って設けられた内孔 (2 4、2 5) を備える回動軸部材 (2 2、2 3) を有し、前記光ファイバケーブルが全ての前記内孔を通るように敷設されるとよい。

【 0 0 2 2 】

この態様によれば、関節に設けられた連結部において、光ファイバケーブルが全ての連結部の回動軸に沿って敷設される。

【 0 0 2 3 】

また、上記関節 (M_R) が前記第 1 リンク (M 1) に対して、前記第 2 リンク (M 2) を並進変位させるように連結するとよい。

【 0 0 2 4 】

この態様によれば、ケーブルを互いに並進変位する 2 つリンクを備える関節に敷設することが可能となる。

【 0 0 2 5 】

また、上記関節 (U_R) が前記第 1 リンク (U 1) に対して前記第 2 リンク (U 2) をねじれ変位させるように連結するとよい。

【 0 0 2 6 】

この態様によれば、ケーブルを互いにねじれ変位する 2 つリンクを備える関節に敷設することが可能となる。

【 0 0 2 7 】

また、上記光ファイバケーブル (1 1、2 1、3 1) が複数の光ファイバ芯線 (F 1、F 2、F 3) を備えるとよい。

【 0 0 2 8 】

この態様によれば、光ファイバケーブルに備えられた複数の光ファイバ芯線を用いて複数の信号を伝送することが可能となる。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 9 】

以上の構成によれば、光ファイバケーブルを備える関節において、ケーブルが使用時の屈曲によって断線や損傷を受ける虞の少ない関節機構を構成することが可能となる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 0 】

【 図 1 】 本発明の関節機構を有するロボット外観を示す斜視図

【 図 2 】 図 1 のロボットの連結部及び光通信モジュールの配置を示す模式図

【 図 3 】 図 1 のロボットの光ファイバケーブルを備える膝関節部の模式図

【 図 4 】 図 3 の I V - I V における (A) 1 本の光ファイバ芯線を備える光ファイバケーブル及び (B) 2 本の光ファイバ芯線を備える光ファイバケーブルの断面図

【 図 5 】 図 1 のロボットの光ファイバケーブルを備える肘関節部の模式図

【 図 6 】 光ファイバケーブルを備え、互いに並進変位するリンクによって構成された伸縮

10

20

30

40

50

する関節部の模式図

【図7】光ファイバケーブルを備え、互いにねじれ変位するリンクによって構成された関節部の(A)模式図及び(B)VII-VIIにおける断面図

【発明を実施するための形態】

【0031】

以下、図面を参照して、本発明を実施形態に係るロボットRについて、図面を参照して説明する。

【0032】

図1に示されるように、ロボットRは、自律的に歩行・走行を行う2脚歩行式ロボットである。以下の説明において、ロボットRの前後方向をX軸、左右方向をY軸、上下方向をZ軸とする。ロボットRは、頭部H、2本の腕部A_L及びA_R、上部部B及び2本の脚部L_L及びL_Rを備える。頭部HはロボットRの基体部である上部部Bに首関節部Nを介して連結されている。上部部Bの左側には、肩関節部S_Lを介して腕部A_Lが連結されている。上部部Bの右側には、肩関節部S_Rを介して腕部A_Rが連結されている。上部部Bの下面左側に股関節部J_Lを介して脚部L_Lが連結されている。上部部Bの下面右側に、股関節部J_Rを介して脚部L_Rが連結されている。上部部Bの背面には、頭部H、上部部B、腕部A_L、A_R及び脚部L_L、L_Rの制御を行うための制御装置搭載部Cが設けられている。

10

【0033】

脚部L_RはリンクL1をその上部に備え、リンクL1の上端が股関節部J_Rを介して上部部Bの下端右側に連結している。膝関節部K_RがリンクL1の下端に設けられており、リンクL1が膝関節部K_Rを介してリンクL2と連結している。リンクL2の下端には、足首関節部F_Rを介して、地面に当接する足部I_Rが備えられている。

20

【0034】

腕部A_Rはその上部にリンクA1を備え、リンクA1の上端は肩関節部S_Rを介して上部部Bの上部右側に連結している。リンクA1の下端に肘関節部E_Rが設けられており、リンクA1は肘関節部E_Rを介してリンクA2と連結している。リンクA2の下端に、物品を把持するために人の手の形状とされた把持部G_Rが手首関節部W_Rを介して設けられている。

【0035】

図2に示されるように、ロボットRの内部には、リンクと関節部内部に設けられ隣接配置された一对のリンクを連結する連結部とが複数設けられている。連結部は一方のリンクに対して他方のリンクを1軸に回動可能に連結している。連結部の回動方向は、X軸を中心とする回転(ロール)、Y軸を中心とする回転(ピッチ)、Z軸を中心とする回転(ヨー)の3種から成り、それらの組み合わせによって関節部における複数の自由度を有する回動が可能となる。ロボットRを構成するリンク上には姿勢制御に用いるための光信号を送受信する光送受信モジュールが複数設けられており、光送受信モジュールLO1、LO2、AO1、AO2が関節部を通る光ファイバケーブル11、21によって接続される。

30

【0036】

ロボットRに設けられた光送受信モジュールLO1、LO2、AO1、AO2が関節部を通る光ファイバケーブル11、21によって接続され、光ファイバケーブル11、21はロボットRに設けられたリング型トポロジを有する光ファイバネットワークの一部を構成する。図2に示されるようにロボットRには腕部や脚部等に直列に接続された複数のリンクを備える。ロボットRの光ファイバネットワークは直列に接続されたリンク上の光送受信モジュールを順番に接続するリング型トポロジを有し、光ファイバネットワークが関節部を通過する光ファイバケーブルを一端側から他端側へ及び他端側から一端側へ接続された光ファイバケーブルによって構成されている。直列に接続された3つ以上のリンクに設けられた光送受信モジュールを光ファイバケーブルによって接続することによってリング型トポロジを有する光ファイバネットワークを構成すると、関節部を通過する光ファイバケーブルは送信受信の2本となる。一方、直列に接続された3つ以上のリンクにおいて

40

50

リンクの一端側に設けられネットワークのハブとなる光送受信モジュールと他の光送受信モジュール全てとが送信受信の2本の光ファイバケーブルによって接続されることによって放射型トポロジを有する光ファイバネットワークを構成すると、リング型トポロジを有する光ファイバネットワークに比べて放射型トポロジを有する光ファイバネットワークではハブ側の関節部に多数の光ファイバケーブルが設けられる。リング型トポロジは放射型トポロジに比べ、関節部に設けられる光ファイバケーブルの本数が少なくなるため、リング状トポロジを有する光ファイバネットワークでは光ファイバケーブルを回動軸に沿って設けることがより容易になる。

【0037】

脚部 L_R は、股関節部 J_R を介して、上部部 B の下端に接続されている。股関節部 J_R には X 軸、 Y 軸及び Z 軸回りの3軸の回動を各々可能とする3つの連結部 J_{R1} 、 J_{R2} 及び J_{R3} が備えられている。股関節部 J_R の下端に設けられた連結部 J_{R3} に、リンク $L1$ が連結されている。リンク $L1$ の下端に膝関節部 K_R が設けられ、リンク $L1$ は膝関節部 K_R を介してリンク $L2$ に連結している。膝関節部 K_R にリンク $L2$ をリンク $L1$ に対して Y 軸回りに回動可能に連結する連結部 K_{R1} が備えられている。リンク $L1$ の上部には光送受信モジュール $LO1$ が設けられ、リンク $L1$ の下部に光送受信モジュール $LO2$ が備えられている。リンク $L2$ の下部には光送受信モジュール $LO3$ が備えられている。

10

【0038】

腕部 A_R はその上端にリンク $A1$ を備え、リンク $A1$ の上端は肩関節部 S_R を介して上部部 B の上部右端に連結される。リンク $A1$ の下端に肘関節部 E_R が設けられ、リンク $A1$ は肘関節部 E_R を介してリンク $A2$ の上端に接続している。肘関節部 E_R にリンク $A1$ 側から順番にリンク E をリンク $A1$ に対して Y 軸回りの回動可能に連結する連結部 E_{R1} と、連結部 E_{R1} に接続されたリンク E と、リンク E に連結され、リンク $A2$ をリンク E に対して X 軸回りの回動可能に連結する連結部 E_{R2} とが設けられている。リンク $A1$ には、光送受信モジュール $AO1$ が設けられ、リンク $A2$ の上端には光送受信モジュール $AO2$ が備えられている。

20

【0039】

<<第1実施形態>>

図3に示されるように、脚部 L_R に備えられたリンク $L1$ は、リンク $L2$ と連結部 K_{R1} を介して連結している。図3においても、ロボット R の前後方向を X 軸、左右方向を Y 軸、上下方向を Z 軸として説明する。リンク $L1$ には、連結部 K_{R1} に比べて上方(Z 軸正の方向)かつリンク $L1$ の右(Y 軸負の方向)側面に固定された光送受信モジュール $LO2$ が設けられている。リンク $L2$ には、連結部 K_{R1} に比べて下方(Z 軸負の方向)かつリンク $L2$ の左側面に固定された光送受信モジュール $LO2$ が設けられている。光送受信モジュール $LO2$ と光送受信モジュール $LO3$ との間に光ファイバケーブル 11 が接続されている。光ファイバケーブル 11 は、1本の光ファイバ芯線 $F1$ と、光ファイバ芯線 $F1$ の周りにチューブ状に形成され、光ファイバ芯線 $F1$ を内包し光ファイバ芯線 $F1$ のシースとなる被覆材 $C1$ とを備える。

30

【0040】

ここでは、光ファイバ芯線とは光信号が伝搬するコアとそのコアを取り囲むように設けられるクラッドを備えるものであって、コアとクラッドのみを備えるものやコアとクラッドとクラッドの表面を被覆する樹脂や繊維等を備えるものを含む。本実施形態では被覆材 $C1$ はチューブ状としているが、被覆材 $C1$ が屈曲しやすいように被覆材 $C1$ にその内孔に通じる切り込みを設けたスリットチューブを用いてもよい。被覆材 $C1$ は低密度ポリエチレン等の可撓性を有する素材によって形成されるとよい。

40

【0041】

光送受信モジュール $LO2$ から送信された光信号が光ファイバケーブル 11 に入射するように、光ファイバ芯線 $F1$ の一端が光送受信モジュール $LO2$ の光送信装置 $LO2T$ に接続され、光ファイバ芯線 $F1$ がリンク $L1$ に沿って下方に延びている。光送受信モジュ

50

ールL O 2 からリンクL 1 に沿って延びる光ファイバ芯線F 1 は光送受信モジュールL O 2 の近傍でその下方に設けられた芯線保持部P 1 を通過する。芯線保持部P 1 の光送受信モジュールL O 2 に向く上側において、光ファイバ芯線F 1 が光ファイバ芯線F 1 を被覆する被覆材C 1 によって被覆される。芯線保持部P 1 は、光ファイバ芯線F 1 と被覆材C 1 の内管の間を埋めるように光ファイバ芯線F 1 を被覆材C 1 に固定する芯線固定部P 1 . 1 と、被覆材C 1 をリンクに固定する第1被覆材固定部P 1 . 2 とを備える。芯線固定部P 1 . 1 は、光ファイバ芯線F 1 を中央に保持しながら、芯線保持部P 1 の光送受信モジュールL O 2 に向く側に設けられた被覆材C 1 の開口部よりも上方にまで延びている。芯線固定部P 1 . 1 によって被覆材C 1 の開口部から光送受信モジュールL O 2 に向かって光ファイバ芯線F 1 が突出するように保持されるため、被覆材C 1 の開口部において光ファイバ芯線F 1 が小さな曲率半径で曲がることはなく光ファイバ芯線F 1 に荷重が集中しないように構成されている。光ファイバ芯線F 1 が芯線固定部P 1 . 1 によって被覆材C 1 に対して固定され、被覆材C 1 が第1被覆材固定部P 1 . 2 によってリンクL 1 に固定される。芯線保持部P 1 に備えられた第1被覆材固定部P 1 . 2 及び芯線固定部P 1 . 1 によって、光ファイバ芯線F 1 がリンクL 1 に固定され保持される。

【0042】

光ファイバケーブル1 1 は、芯線保持部P 1 を通過し、連結部K_{R 1} に向かって延びている。図4 (A) に示されるように、被覆材C 1 の管中央部には光ファイバ芯線F 1 が収められ、光ファイバ芯線F 1 は取り囲むように設けられた被覆材C 1 によって被覆されている。光ファイバ芯線F 1 の外周と被覆材C 1 の内壁との間に空間が設けられ、光ファイバ芯線F 1 は被覆材C 1 の管内で変位することが可能である。光ファイバ芯線F 1 を被覆する被覆材C 1 を設けることで、光ファイバケーブル1 1 に加わる側圧は被覆材C 1 を介して光ファイバ芯線F 1 に加わり、側圧が光ファイバ芯線F 1 に直接加わらず側圧による光ファイバ芯線F 1 の伝送特性の劣化が防止される。本実施形態では、図4 (A) に示されるように、光ファイバケーブル1 1 に1本の光ファイバ芯線F 1 が敷設されているとしたが、図4 (B) に示されるように、光ファイバケーブル1 1 に2本の光ファイバ芯線F 1 . 1 及びF 1 . 2、又は、2本以上の光ファイバケーブルを設けてもよい。

【0043】

光ファイバケーブル1 1 は、芯線保持部P 1 から延び、芯線保持部P 1 よりも連結部K_{R 1} の近傍に設けられた芯線係止部Q 1 を通過する。芯線係止部Q 1 は、リンクL 1 に固定された第2被覆材固定部Q 1 . 2 を備え、第2被覆材固定部Q 1 . 2 は被覆材C 1 をリンクL 1 に固定する。芯線係止部Q 1 は、光ファイバ芯線F 1 を被覆材C 1 に固定する芯線固定部を備えず、光ファイバ芯線F 1 は芯線係止部Q 1 において被覆材C 1 に固定されないため、被覆材C 1 の管内で変位することが可能である。芯線係止部Q 1 において被覆材C 1 がリンクL 1 に固定されているため、光ファイバ芯線F 1 は被覆材C 1 の管内の中を移動可能にリンクL 1 に係止される。光ファイバケーブル1 1 は芯線係止部Q 1 を通過しリンクL 1 に沿ってリンクL 1 の下端にまで延びている。

【0044】

芯線固定部P 1 . 1 によって光ファイバ芯線F 1 が被覆材C 1 に固定されるが、固定手段としては、例えば弾性体を被覆材C 1 の管内に挿入することによって光ファイバ芯線F 1 を被覆材C 1 に摩擦係止する態様や、被覆材C 1 の管内に接着剤を塗り、光ファイバ芯線F 1 を被覆材C 1 に固着する態様があるが、本発明の光ファイバ芯線F 1 を被覆材C 1 に固定する手段はこれらに限定されない。第1被覆材固定部P 1 . 2 及び第2被覆材固定部Q 1 . 2 によって被覆材C 1 がリンクL 1 に固定される。被覆材C 1 をリンクL 1 に固定する手段としては、被覆材C 1 をリンクL 1 に接着する態様や、被覆材C 1 をリンクL 1 に結束するという態様があるが、本発明の被覆材C 1 をリンクL 1 に固定する手段はこれらに限定されない。

【0045】

リンクL 1 は板状に下方に突出し左側に切欠かれたL 1 リンク結合部L 1 . 1 を備える。リンクL 2 は板状に上方に突出し右側が切欠かれL 1 リンク結合部L 1 . 1 と嵌合する

L2リンク結合部L2₁を備える。L1リンク結合部L1₁及びL2リンク結合部L2₁は連結部K_{R1}においてそれぞれ左右(Y軸方向)に貫く孔を備えており、L1リンク結合部L1₁とL2リンク結合部L2₁とが嵌合する時に一体となってL1リンク結合部L1₁とL2リンク結合部L2₁とを左右に貫く貫通孔を形成する。円筒状の部材である連結支持管12の右側をL1リンク結合部L1₁の貫通孔に嵌めこみ固定し、連結支持管12の左側をL2リンク結合部L2₁に嵌合させることによって、リンクL2はリンクL1に対して左右(Y軸方向)を軸線とする回動可能に連結され、リンクL1に設けられた貫通孔、リンクL2に設けられた貫通孔及び連結支持管12とによって、連結部K_{R1}が構成される。リンクL1に固定されリンクL2に嵌合される連結支持管12は、管内部である連結支持管内孔13を備え、連結支持管内孔13はリンクL1及びリンクL2のそれぞれに設けられた貫通孔を通してリンクL1及びリンクL2を貫通している。連結部K_{R1}の回動軸は連結支持管内孔13と同軸であり、連結部K_{R1}の回動軸が連結支持管内孔13を通るように構成されている。右方(Y軸負の方向)に設けられた連結支持管12の開口端はリンクL1の右側面になめらかに接続し、左方に設けられた連結支持管12の開口端はリンクL1の左側面になめらかに接続している。

10

20

30

40

50

【0046】

光送受信モジュールLO2から延びた光ファイバケーブル11は、連結部K_{R1}において左方(Y軸正の方向)へ屈曲し、連結支持管12の右側の開口端から連結支持管12の管内へ延びている。光ファイバケーブル11の屈曲部14において、被覆材C1及び光ファイバ芯線F1は下方(Z軸負の方向)から左方へ屈曲している。連結部K_{R1}の近傍で屈曲する光ファイバケーブル11の屈曲部14では、被覆材C1及び光ファイバ芯線F1が屈曲する。被覆材C1のリンクL2に向く側縁部に比べ、光ファイバ芯線F1は大きな半径を有して屈曲する。光ファイバケーブル11に光ファイバ芯線F1を覆うように被覆材C1が設けられ、被覆材C1と光ファイバ芯線F1との間に設けられた空間において光ファイバ芯線F1が移動するため、光ファイバケーブル11の屈曲部14において光ファイバ芯線F1に大きな曲げ半径を確保し光ファイバ芯線F1が受ける荷重を緩和することが可能となる。また、リンクL2から連結支持管12へ延び光ファイバケーブル11が屈曲する時に、連結支持管12の開口部に光ファイバケーブル11の側縁部が当接する。光ファイバケーブル11が屈曲する時に、光ファイバ芯線F1が直接、連結支持管12の開口部に当接せず、被覆材C1が介在することによって光ファイバ芯線F1の破損が防止される。光ファイバ芯線F1は高屈曲性を有するとよく、光ファイバ芯線F1の許容曲げ半径は被覆材C1の許容曲げ半径よりも小さくなるように構成されている。光ファイバケーブル11の屈曲部14の曲げ半径が被覆材C1の許容曲げ半径よりも小さく光ファイバ芯線F1の許容曲げ半径よりも大きい時に、光ファイバ芯線F1は破損せず被覆材C1のみが破損しうるため、光ファイバ芯線F1を破損させることなく被覆材C1の破損によって光ファイバケーブル11の屈曲部14において曲げ半径の小さい箇所を同定することが可能となる。また、光ファイバ芯線F1の許容曲げ半径は被覆材C1の許容曲げ半径よりも小さいため、被覆材C1が光ファイバ芯線F1よりも破損しやすく、膝関節部K_Rの屈曲によって光ファイバ芯線F1に荷重がかかりやすい箇所を、被覆材C1の破損の度合いによって同定することが可能となる。

【0047】

連結部K_{R1}では、光ファイバケーブル11は連結支持管12の管内を通して敷設されている。連結支持管12の内径は、光ファイバケーブル11の外径よりも大きく、光ファイバケーブル11が連結支持管12において上下及び前後に移動することによって、屈曲部14において光ファイバケーブル11に加わるねじれや引っ張りなどの荷重の集中が緩和される。リンクL1及びL2に設けられた貫通孔に連結支持管12が設けられ、連結支持管12はリンクL1及びL2を互いに回動可能に連結している。連結支持管12にリンクL2のリンクL1に対する回動軸が通っているため、光ファイバケーブル11を膝関節部K_Rの屈曲によって変位しない回動軸に沿って敷設することが可能となる。光ファイバケーブル11を回動軸に沿って敷設することによって、膝関節部K_Rの屈曲時に加わる光

ファイバケーブル 11 を変位させようとする荷重が抑えられる。

【0048】

連結支持管 12 に敷設された光ファイバケーブル 11 は、連結支持管 12 を貫通し、リンク L2 の左 (Y 軸正の方向) 側面にまで延びている。連結支持管 12 の左端の開口部より突出した光ファイバケーブル 11 は、連結支持管 12 の左端の開口部において、下方 (Z 軸負の方向) へ屈曲し、リンク L2 の左側面に沿って下方へ延びている。リンク L2 に沿って、下方へ延びる光ファイバケーブル 11 は、リンク L2 に設けられた芯線係止部 Q2 を通過する。リンク L2 に設けられた芯線係止部 Q2 を光ファイバケーブル 11 が通過する時に、光ファイバケーブル 11 の被覆材 C1 が第 2 被覆材固定部 Q2₂ によってリンク L2 に固定される。光ファイバケーブル 11 に設けられた光ファイバ芯線 F1 の移動は被覆材 C1 によって被覆材 C1 の管内に規制され、リンク L2 に設けられた芯線係止部 Q2 において被覆材 C1 がリンク L2 に固定されるため、光ファイバ芯線 F1 はリンク L2 に設けられた芯線係止部 Q2 において、リンク L2 に対して、リンク L2 に固定された被覆材 C1 の管内で移動可能であるように係止される。

10

【0049】

リンク L2 に設けられた芯線係止部 Q2 を通過した光ファイバケーブル 11 は、リンク L2 に沿って下方へ延び、リンク L1 に設けられた光送受信モジュール LO3 の近傍で、光送受信モジュール LO3 よりも連結部 K_{R1} に近い場所に設けられた芯線保持部 P2 を通過する。芯線保持部 P2 に備えられた第 1 被覆材固定部 P2₂ によって被覆材 C1 はリンク L2 に固定され、芯線保持部 P2 に備えられた芯線固定部 P2₁ によって光ファイバ芯線 F1 は被覆材 C1 に固定される。芯線保持部 P2 に備えられた第 1 被覆材固定部 P2₂ 及び芯線固定部 P2₁ によって光ファイバ芯線 F1 はリンク L2 に対して固定され保持される。

20

【0050】

芯線係止部 Q2 を通過した光ファイバケーブル 11 の被覆材 C1 は、芯線保持部 P2 及び光送受信モジュール LO3 との間で終端している。被覆材 C1 の終端部において、芯線固定部 P2₁ が被覆材 C1 から下方に設けられた光送受信モジュール LO3 に向かって突出し、芯線固定部 P2₁ の中央から光ファイバ芯線 F1 が延び、光送受信モジュール LO3 の光受信装置 LO3R に接続されている。

【0051】

以上のように構成した光ファイバケーブル 11 を備える関節機構 101 の動作について説明する。膝関節部 K_R において、リンク L1 とリンク L2 とは連結部 K_{R1} を介して回動可能に連結されている。光送受信モジュール LO2 がリンク L1 に設けられ、光送受信モジュール LO3 がリンク L2 に設けられ、光送受信モジュール LO2 と光送受信モジュール LO3 とが光ファイバケーブル 11 によって接続されている。光ファイバ芯線 F1 は芯線保持部 P1 及び P2 によって対応するリンク L1 及びリンク L2 に保持され、芯線係止部 Q1 及び Q2 によって、対応するリンク L1 及びリンク L2 に係止されている。光ファイバ芯線 F1 は芯線保持部 P1 と芯線保持部 P2 との間では、被覆材 C1 の管内を移動することが可能である。光ファイバ芯線 F1 が芯線保持部 P1 と芯線保持部 P2 との間では被覆材 C1 の管内を移動するため、膝関節部 K_R の屈曲によって加わる光ファイバ芯線 F1 への荷重が膝関節部 K_R に設けられた光ファイバ芯線 F1 に集中することなく、芯線保持部 P1 と芯線保持部 P2 との間の光ファイバ芯線 F1 に分散される。光送受信モジュール LO2 の光送信装置 LO2T から送信された光信号は膝関節部 K_R を介して敷設された光ファイバケーブル 11 を通って光送受信モジュール LO3 の光受信装置 LO3T に受信可能に伝送される。

30

40

【0052】

以上のように構成した光ファイバケーブル 11 を備える関節機構 101 の効果について説明する。光ファイバケーブル 11 を備える関節機構 101 は、膝関節部 K_R を介して互いに回動可能に連結されたリンク L1 及びリンク L2 と、リンク L1 及びリンク L2 にそれぞれ設けられた光送受信モジュール LO2 及び LO3 と、光送受信モジュール LO2 と

50

光送受信モジュール L O 3 とを繋ぐように敷設されたケーブル芯線となる光ファイバ芯線 F 1 を含む光ファイバケーブル 1 1 と、リンク L 1 の膝関節部 K_R から離れた位置に設けられ光ファイバ芯線 F 1 をリンク L 1 に固定し保持する芯線保持部 P 1 及びリンク L 2 の膝関節部 K_R から離れた位置に設けられ光ファイバ芯線 F 1 をリンク L 2 に固定し保持する芯線保持部 P 2 と、リンク L 1 の芯線保持部 P 1 よりも連結部 K_{R1} に近い位置でリンク L 1 に設けられリンク L 1 に光ファイバ芯線 F 1 を係止する芯線係止部 Q 1 と、リンク L 2 の芯線保持部 P 2 よりも連結部 K_{R1} に近い位置でリンク L 2 に設けられリンク L 2 に光ファイバ芯線 F 1 を係止する芯線係止部 Q 2 とを有する。光ファイバケーブル 1 1 がリンク L 1 及び L 2 に保持されつつ、光ファイバケーブル 1 1 が膝関節部 K_R での屈曲に応じて移動可能であるように係止されるため、膝関節部 K_R での屈曲によって光ファイバ芯線 F 1 が受ける荷重を緩和することが可能となる。芯線保持部 P 1 と芯線保持部 P 2 の間の光ファイバ芯線 F 1 に膝関節部 K_R での屈曲に必要な余長を持たせるように敷設することも可能である。

10

【 0 0 5 3 】

関節機構 1 0 1 は、光ファイバ芯線 F 1 と光ファイバ芯線 F 1 を光ファイバ芯線 F 1 の軸線に直交する方向へ所定の範囲のみ移動可能に被覆する被覆材 C 1 とを備える光ファイバケーブル 1 1 と、光信号を送受信する光送受信装置である光送受信モジュール L O 1 及び L O 2 とを備える。芯線係止部 Q 1 及び Q 2 が被覆材 C 1 を対応するリンク L 1 及び L 2 に固定する第 2 被覆材固定部 Q 1₂ 及び Q 2₂ を備え、被覆材 C 1 及び第 2 被覆材固定部 Q 1₂ 及び Q 2₂ によって、光ファイバ芯線 F 1 がリンク L 1 及び L 2 に所定の範囲に移動可能に係止される。光ファイバ芯線 F 1 をリンク L 1 及び L 2 に所定の範囲で移動可能に係止する構成が被覆材 C 1 及び第 2 被覆材固定部 Q 1₂ 及び Q 2₂ による簡単な構成で実現される。

20

【 0 0 5 4 】

芯線保持部 P 1 及び P 2 は被覆材 C 1 に固定する芯線固定部 P 1₁ 及び P 2₁ と被覆材 C 1 をリンク L 1 及び L 2 に固定する第 1 被覆材固定部 P 1₂ 及び P 2₂ とを備え、光ファイバ芯線 F 1 が芯線保持部 P 1 及び P 2 に備えられた芯線固定部 P 1₁ 及び P 2₁ と芯線固定部 P 1₂ 及び P 2₂ とによってリンク L 1 及び L 2 に固定され保持される。

30

【 0 0 5 5 】

膝関節部 K_R がリンク L 2 に対して 1 軸の回転軸を中心とする回転可能にリンク L 2 をリンク L 1 に連結する 1 つの連結部 K_{R1} によって構成され、連結部 K_{R1} の回転軸に沿った連結支持管内孔 1 3 を有する連結支持管 1 2 を備え、光ファイバケーブル 1 1 は連結支持管内孔 1 3 を通るよう敷設されている。光ファイバ芯線 F 1 が回転軸に沿った連結支持管内孔 1 3 に敷設されるため、膝関節部 K_R の屈曲時に加わる光ファイバ芯線 F 1 への荷重が抑えられる。光ファイバ芯線 F 1 は芯線保持部 P 1 及び P 2 において対応するリンク L 1 及び L 2 に固定され、芯線保持部 P 1 と P 2 の間の光ファイバ芯線 F 1 は被覆材 C 1 の管内において移動可能であり、膝関節部 K_R の屈曲時の光ファイバケーブル 1 1 の曲げ、引っ張り、ねじれ等の荷重が連結部 K_{R1} の光ファイバ芯線 F 1 に集中せず、光ファイバ芯線 F 1 の損傷が防止される。

40

【 0 0 5 6 】

<< 第 2 実施形態 >>

図 5 に示されるように、腕部 A_R に備えられたリンク A 1 は上下 (Z 軸方向) に延び、リンク A 1 の右側面 (Y 軸負の方向に向く面) には光送受信モジュール A O 1 が設けられている。リンク A 1 の下方には、上下に延びるリンク E が設けられており、リンク A 1 の下端及びリンク E の上端は連結部 E_{R2} を介してリンク E がリンク A に対して左右を軸とする回転可能であるように連結されている。連結部 E_{R2} においてリンク A 1 及びリンク E は連結時にリンク A 1 及びリンク E を共に回転軸に沿って左右に貫通する貫通孔をそれぞれ備え、連結支持管 2 2 がそれらの貫通孔を共に通過するように嵌合されている。連結支持管 2 2 の右端がリンク A 1 の貫通孔に固定され、連結支持管 2 2 の左端がリンク E の

50

貫通孔に嵌合することによって連結され、リンク E は連結支持管 2 2 を備える連結部 E_{R1} を介してリンク E に左右 (Y 軸方向) を軸線とする回動可能に連結されている。リンク A 2 は連結部 E_{R2} においてリンク E に対して前後 (X 軸方向) を軸線とする回動可能に支持されている。連結部 E_{R2} にはリンク E 及びリンク A 2 を前後に貫通する孔が設けられており、その貫通する孔に、前後に延びた管である連結支持管 2 3 が通されている。リンク E の前後に貫通する孔に連結支持管 2 3 の後端が固定され、リンク A の前後に貫通する孔に連結支持管 2 3 の前端が嵌合することによって、リンク A 2 はリンク E に対して前後を軸線とする回動可能に連結される。リンク A 2 は上下に延びた部材であって、連結部 E_{R2} の下方に光送受信モジュール A O 2 を備える。光送受信モジュール A O 1 と A O 2 とは光ファイバケーブル 2 1 によって接続され、光ファイバケーブル 2 1 がリンク A 1 及びリンク A 2 に敷設され、光ファイバケーブル 2 1 を備える関節機構 2 0 1 が腕部 A_R に構成されている。第 1 実施形態と同様に、光ファイバケーブル 2 1 は光ファイバ芯線 F 2 及び光ファイバ芯線 F 2 を管内に備えチューブ状に形成された被覆材 C 2 とを備える。

10

【 0 0 5 7 】

光ファイバケーブル 2 1 の一端は光送受信モジュール A O 1 の光送信装置 A O 1 T に接続され、光送受信モジュール A O 1 近傍で連結部 E_{R1} に向く側に設けられた芯線保持部 P 3 を通過する。第 1 実施形態と同様に、芯線保持部 P 3 は芯線固定部及び第 1 被覆材固定部を備える。光ファイバケーブル 2 1 は被覆材 C 2 及び光ファイバ芯線 F 2 を備え、光ファイバ芯線 F 2 が芯線固定部によってリンク A 2 に固定され、被覆材 C 2 が第 1 被覆材固定部によってリンク A 1 に固定される。芯線保持部 P 3 に備えられた芯線固定部及び第 1 被覆材固定部によって光ファイバ芯線 F 2 はリンク A 1 に固定され保持される。

20

【 0 0 5 8 】

芯線保持部 P 3 を通過した光ファイバケーブル 2 1 は、芯線保持部 P 3 より連結部 E_{R1} の近傍でリンク A 1 に設けられた芯線係止部 Q 3 にまで延びている。芯線係止部 Q 3 には第 2 被覆材固定部が備えられており、第 2 被覆材固定部によって光ファイバケーブル 2 1 の被覆材 C 2 がリンク E に固定される。芯線係止部 Q 3 において、光ファイバ芯線 F 2 が芯線係止部 Q 3 に備えられた第 2 被覆材固定部によって被覆材 C 2 の管内に移動可能に係止される。光ファイバケーブル 2 1 は、芯線係止部 Q 3 を通過し、連結部 E_{R1} にまで延びている。

30

【 0 0 5 9 】

光ファイバケーブル 2 1 は、連結部 E_{R1} で屈曲し、リンク A 1 の右 (Y 軸負の方向) 側面から、左方に向けて連結部 E_{R1} に設けられた連結支持管 2 2 の連結支持管内孔 2 4 を通過し、リンク E の左側面にまで到達する。光ファイバケーブル 2 1 は連結部 E_{R1} の回動軸に沿って設けられた連結支持管 2 2 の連結支持管内孔 2 4 を通って敷設される。連結部 E_{R1} の近傍の屈曲部において光ファイバケーブル 2 1 は屈設され、連結部 E_{R1} の近傍の屈曲部において光ファイバ芯線 F 2 及び被覆材 C 2 も屈曲する。光ファイバ芯線 F 2 の許容曲げ半径は被覆材 C 2 の許容曲げ半径よりも小さく、光ファイバ芯線 F 2 は破損せず被覆材 C 2 のみが破損しうるため、被覆材 C 2 の破損によって光ファイバケーブル 2 1 の屈曲部において曲げ半径の小さい箇所を同定することが可能となる。

40

【 0 0 6 0 】

光ファイバケーブル 2 1 は、連結部 E_{R1} よりリンク E の左 (Y 軸正の方向) 側面まで延び、下方 (Z 軸負の方向) に向かって屈曲し、リンク E の左側面に沿って下方へ延びている。芯線係止部 Q 4 がリンク E の左側面の連結部 E_{R1} の近傍に備えられている。芯線係止部 Q 4 は第 1 実施形態と同様に第 2 被覆材固定部を備え、第 2 被覆材固定部によって被覆材 C 2 がリンク E の左側面に固定される。芯線係止部 Q 4 において光ファイバ芯線 F 2 はリンク E に固定された被覆材 C 2 の管内を移動可能にリンク E の左側面に係止される。

【 0 0 6 1 】

リンク E の背面 (X 軸負の方向に向く側面) のリンク E の左側面に備えられた芯線係止部 Q 4 より下方の連結部 E_{R2} の近傍には芯線係止部 Q 5 が設けられている。芯線係止部

50

Q 4 を通過した光ファイバケーブル 2 1 は、リンク E の左側面から下方へ進みつつリンク E の背面側へ屈曲しリンク E の背面に沿って下方に向かって延びている。リンク E の背面に沿って下方に延びる光ファイバケーブル 2 1 は芯線係止部 Q 5 を通過する。光ファイバ芯線 F 2 は芯線係止部 Q 5 においてリンク E の背面に係止される。光ファイバケーブル 2 1 は芯線係止部 Q 5 を通過しリンク E の背面に沿って下方へ延び連結部 E_{R2} に達している。

【 0 0 6 2 】

光ファイバケーブル 2 1 は、連結部 E_{R2} において屈曲し、連結部 E_{R2} に設けられた連結支持管 2 3 の連結支持管内孔 2 5 を背面から前面に向かって進んで通過し、リンク A 2 の前面にまで到達する。光ファイバケーブル 2 1 は連結部 E_{R2} において下方へ屈曲して延び、リンク A 2 の前面で連結部 E_{R2} の近傍に備えられた芯線係止部 Q 6 を通過する。芯線係止部 Q 6 において、光ファイバ芯線 F 2 はリンク A 2 の前面に係止されている。光ファイバケーブル 2 1 は、芯線係止部 Q 6 を通過し、芯線係止部 Q 6 の下方で光送受信モジュール A O 2 の近傍に設けられた芯線保持部 P 4 に到達する。芯線保持部 P 4 は芯線固定部及び第 1 被覆材固定部を備え、光ファイバ芯線 F 2 が芯線保持部 P 4 の芯線固定部によって被覆材 C 2 に固定され、被覆材 C 2 が芯線保持部 P 4 の被覆材固定部によって固定される。光ファイバ芯線 F 2 は芯線保持部 P 4 が備える芯線固定部及び第 1 被覆材固定部によってリンク A 2 に固定され保持される。光ファイバケーブル 2 1 は芯線保持部 P 4 の下側において被覆材 C 2 が終端し被覆材 C 2 から芯線固定部が突出している。光ファイバ芯線 F 2 は芯線固定部の中央に保持され、下方に延び芯線保持部 P 4 の下方に設けられた光送受信モジュール A O 2 の光受信装置 A O 2 R に接続している。

【 0 0 6 3 】

図 5 に示されるようにリンク A 1 が芯線保持部 P 3 及び芯線係止部 Q 3 との間に更に芯線係止部 Q 1 1 を備えてもよい。リンク E が芯線係止部 Q 4 と Q 5 の間に芯線係止部 Q 1 2 及び Q 1 3 を備えてもよい。リンク A 2 が芯線係止部 Q 6 と芯線保持部 P 4 との間に更に芯線係止部 Q 1 4 を備えてもよい。芯線係止部 Q 1 1、Q 1 2、Q 1 3 及び Q 1 4 を備えることによって、光ファイバケーブルがリンク A 1、E 及び A 2 に沿うように敷設することが可能となる。

【 0 0 6 4 】

以上のように構成した光ファイバケーブル 2 1 を備える関節機構 2 0 1 の動作について説明する。光ファイバケーブル 2 1 は芯線保持部 P 3 及び P 4 と芯線係止部 Q 3 及び Q 6 によって、対応するリンク A 1 及びリンク A 2 に保持及び係止される。リンク E には芯線係止部 Q 4 及び Q 5 が設けられ、光ファイバ芯線 F 2 はリンク E に係止される。光送受信モジュール A O 1 の光送信装置 A O 1 T から送信された光信号は、光ファイバ芯線 F 2 に沿って伝送し、光送受信モジュール A O 2 の光受信装置 A O 2 R に到達する。光ファイバケーブル 2 1 は連結部 E_{R1} 及び連結部 E_{R2} の回動軸に沿った連結支持管 2 2 及び 2 3 の連結支持管内孔 2 4 及び 2 5 に敷設されるため、光ファイバケーブル 2 1 が回動軸の近傍で保持され、肘関節部 E_R の屈曲時に加わる光ファイバ芯線 F 2 への荷重を抑えることが可能となる。

【 0 0 6 5 】

以上のように構成した光ファイバケーブル 2 1 を備える関節機構 2 0 1 の効果について説明する。関節機構 2 0 1 は連結部 E_{R1} 及び E_{R2} とリンク E を介して互いに変位可能に連結されたリンク A 1 及びリンク A 2 と、リンク A 1 及びリンク A 2 に設けられた光送受信モジュール A O 1 及び A O 2 と、リンク A 1 の光送受信モジュール A O 1 とリンク A 2 の光送受信モジュール A O 2 とを繋ぐように敷設された光ファイバ芯線 F 2 を含む光ファイバケーブル 2 1 と、光信号を送受信する光送受信装置である光送受信モジュール A O 1 及び A O 2 と、リンク A 1 及びリンク A 2 のそれぞれに関節から離れた位置に設けられ、光ファイバ芯線 F 2 と対応するリンクに保持する芯線保持部 P 3 及び P 4 とを備える。関節機構 2 0 1 はリンク A 1 に設けられた芯線保持部 P 3 よりも肘関節部 E_R に近い位置に設けられ、光ファイバ芯線 F 2 を被覆材 C 2 の管内で移動可能に係止する芯線係止部 Q

3を備える。関節機構201は、リンクA2に設けられた芯線保持部P4よりも肘関節部 E_R に近い位置に設けられ、光ファイバ芯線F2を被覆材C2の管内で移動可能に係止する芯線係止部Q6を備える。光ファイバケーブル21がリンクA1及びA2に保持されつつ、光ファイバケーブル21が肘関節部 E_R での屈曲に応じて移動可能であるように係止されるため、肘関節部 E_R での屈曲によって光ファイバケーブル21が受ける荷重を緩和することが可能となる。

【0066】

関節機構201は、リンクA1とリンクA2との間に連結される中間リンクとなるリンクEを備える。リンクA1を互いに1つの回動軸を中心とする回動可能に連結する連結部 E_{R1} を介してリンクEに連結され、リンクEは互いに1つの回動軸を中心とする回動可能に連結する連結部 E_{R2} を介してリンクA2に連結されている。光ファイバケーブル21はリンクEに設けられた2つの芯線係止部Q4及びQ5によってリンクEに係止されている。2つの芯線係止部Q4及びQ5によって、光ファイバ芯線F2をリンクA1及びリンクA2の間に連結されたリンクEに係止することが可能となる。

10

【0067】

連結部 E_{R1} はその回動軸に沿って設けられた連結支持管内孔24を備える連結支持管22を有し、連結部 E_{R2} はその回動軸にそって連結支持管内孔25を備える連結支持管23を有する。光ファイバケーブル21は連結支持管内孔24及び25を通るように敷設されている。光ファイバケーブル21は回動軸に沿って設けられるため、肘関節部 E_R の屈曲時の光ファイバケーブル21の曲げ、引っ張り、ねじれ等の荷重が連結部 K_{R1} の光ファイバ芯線F2に集中せず、光ファイバ芯線F2の損傷が防止される。

20

【0068】

<<第3実施形態>>

図6(A)に示されるように、リンクM1は上から下に管状に延び、その下端に設けられた開口部において径内方向に突出した第1係止爪 $M1_{-1}$ を有する。リンクM1の管内でその内壁には、光送受信モジュールMO1が固定されている。リンクM1の下側からリンクM1の内孔に嵌合し円筒形に形成されたリンクM2が備えられている。リンクM2の管内でその内壁には、光送受信モジュールMO2が固定されている。リンクM1の内孔とリンクM2の内孔は連通しており、リンクM2の上側の開口端は、リンクM1の管内に収められている。リンクM2の開口端の外周には、リンクM1の内周に当接するまで径外方向へ突出した第2係止爪 $M2_{-1}$ が備えられている。リンクM1の第1係止爪 $M1_{-1}$ は、リンクM2の外周に当接している。リンクM1がリンクM2に対して下方向へ移動した時に第1係止爪 $M1_{-1}$ と第2係止爪 $M2_{-1}$ とが係合し、リンクM1がリンクM2から上方向へ離脱することを防止している。リンクM2の外周で、第2係止爪 $M2_{-1}$ の下方には、径外方向へ突出した第2係止突起 $M2_{-2}$ が備えられている。図6の(B)に示されるように、リンクM1がリンクM2に対して下方向へ移動した時に第1係止爪 $M1_{-1}$ と第2係止突起 $M2_{-2}$ が係合し、リンクM1の下方向への移動を規制している。リンクM2はリンクM1に対して上下にスライドし、リンクM2はリンクM1に対して上下に並進移動することが可能であるように連結されている。リンクM2はリンクM1に対して上下に並進移動することによって、互いに連結されたリンクM1及びリンクM2の全長が伸縮する伸縮関節部 M_R を備える関節機構301が形成されている。

30

40

【0069】

伸縮関節部 M_R に第1実施形態及び第2実施形態と同様に光ファイバ芯線F3及び被覆材C3を備える光ファイバケーブル31が備えられている。光ファイバケーブル31は光送受信モジュールMO1の光送信装置MO1Tに一端側が接続され、連通したリンクM1及びM2の管内を通り、他端側が光送受信モジュールMO2の光受信装置MO2Rに接続されている。光送受信モジュールMO1の近傍のリンクM1の内壁に設けられた芯線保持部P5において光ファイバ芯線F3がリンクM1に固定され保持されている。リンクM1の内壁であって芯線保持部P5よりも伸縮関節部 M_R に近い側には、芯線係止部Q7が設けられており、芯線係止部Q7において光ファイバ芯線F3はリンクM1に固定された被

50

覆材 C 3 の管内で移動可能にリンク M 1 に係止されている。

【 0 0 7 0 】

光ファイバケーブル 3 1 の被覆材 C 3 及び光ファイバ芯線 F 3 は光送受信モジュール M O 2 の近傍のリンク M 2 の内壁に設けられた芯線保持部 P 6 において、リンク M 2 に固定されており、光ファイバ芯線 F 3 はリンク M 2 に保持されている。リンク M 2 の内壁であって芯線保持部 P 6 よりも伸縮関節部 M_R に近い側には、芯線係止部 Q 8 が設けられており、芯線係止部 Q 8 において光ファイバ芯線 F 3 はリンク M 2 に係止されている。リンク M 2 に固定されている芯線保持部 P 6 及び芯線係止部 Q 8 は、リンク M 2 の第 2 係止突起 M 2 .₂ よりも下方に位置している。

【 0 0 7 1 】

以上のように構成した光ファイバケーブル 3 1 を備える関節機構 3 0 1 の動作について説明する。光送受信モジュール M O 1 から送信された光信号は、光ファイバケーブル 3 1 に設けられた光ファイバ芯線 F 3 に沿って伝送され、光送受信モジュール M O 2 で受信される。図 5 (A) に示されるように、リンク M 1 の第 1 係止爪 M 1 .₁ がリンク M 2 の第 2 係止爪 M 2 .₁ と係合する時、リンク M 1 がリンク M 2 に対して最も突出した突出位置にある。突出位置において光ファイバケーブル 3 1 は連通したリンク M 1 及び M 2 の管内を通り、光ファイバケーブル 3 1 は一端が光送受信モジュール M O 1 に接続され、他端が光送受信モジュール M O 2 に接続されている。光送受信モジュール M O 1 から送信された光信号は、光ファイバケーブル 3 1 を伝送し、光送受信モジュール M O 2 に受信される。リンク M 1 が突出位置から下にスライドし、リンク M 1 はリンク M 2 に対して下方に後退し並進変位することが可能である。図 5 (B) に示されるように、リンク M 1 の第 1 係止爪 M 1 .₁ がリンク M 2 の第 2 係止突起 M 2 .₂ と係合する時、リンク M 1 がリンク M 2 に対して最も後退した後退位置にある。突出位置と後退位置との間を変位することによって、リンク M 2 及びリンク M 1 によって形成される部材の上下方向の長さは伸縮し、伸縮関節部 M_R において、リンク M 1 及び M 2 は伸縮可能であるように連結されている。後退位置においても、光ファイバケーブル 3 1 は連通したリンク M 1 及び M 2 の管内を通り、光ファイバ芯線 F 3 は一端が光送受信モジュール M O 1 に接続され、他端が光送受信モジュール M O 2 に接続されている。光送受信モジュール M O 1 から送信された光信号は、光ファイバケーブル 3 1 を伝送し、光送受信モジュール M O 2 に受信される。

【 0 0 7 2 】

突出位置に比べ後退位置では、光送受信モジュール M O 1 と光送受信モジュール M O 2 との距離は短くなるため、リンク M 1 に設けられた芯線係止部 Q 7 とリンク M 2 に設けられた芯線係止部 Q 8 との間に係止された光ファイバケーブル 3 1 は、リンク M 1 及び M 2 の管内で屈曲して保持される。後退位置での光ファイバケーブル 3 1 の屈曲部の曲げ半径が許容曲げ半径に比べ大きくなるように、光ファイバケーブル 3 1 及び芯線係止部 Q 7 及び Q 8 は構成されており、光送受信モジュール M O 1 から送信された光信号は光送受信モジュール M O 2 で受信することが可能になっている。リンク M 1 に設けられた芯線保持部 P 5 及び芯線係止部 Q 7 は、後退位置でもリンク M 2 の第 2 係止爪 M 2 .₁ と当接しない程度に伸縮関節部 M_R から離れて固定されている。

【 0 0 7 3 】

以上のように構成した光ファイバケーブル 3 1 を備える関節機構 3 0 1 の効果について説明する。関節機構 3 0 1 は、伸縮関節部 M_R を介して互いに並進変位可能に連結されたリンク M 1 及び M 2 と、リンク M 1 及びリンク M 2 に設けられ光信号を送受信する光送受信装置である光送受信モジュール M O 1 及び M O 2 と、光送受信モジュール M O 1 と光送受信モジュール M O 2 とを繋ぐように敷設された光ファイバケーブル 3 1 を備える。光ファイバケーブル 3 1 は光ファイバ芯線 F 3 を含み、関節機構 3 0 1 はリンク M 1 に伸縮関節部 M_R から離れた位置に設けられ光ファイバ芯線 F 3 をリンク M 1 に保持する芯線保持部 P 5 及び P 6 を備える。関節機構 3 0 1 は、リンク M 1 の芯線保持部 P 5 よりも伸縮関節部 M_R に近い位置に設けられ被覆材 C 3 の管内で移動可能に光ファイバ芯線 F 3 を係止する芯線係止部 Q 7 と、リンク M 2 の芯線保持部 P 6 よりも伸縮関節部 M_R に近い位置に

10

20

30

40

50

設けられ被覆材 C 3 の管内で移動可能に光ファイバ芯線 F 3 を係止する芯線係止部 Q 8 とを備える。光ファイバケーブル 3 1 がリンク M 1 及び M 2 に保持されつつ、光ファイバケーブル 3 1 が伸縮関節部 M_R での伸縮に応じて移動可能であるように係止されるため、伸縮関節部 M_R での伸縮によって光ファイバ芯線 F 3 が受ける荷重を緩和することが可能となる。

【 0 0 7 4 】

伸縮関節部 M_R において、リンク M 2 に対してリンク M 1 が上下に並進して変位するように連結され、伸縮関節部 M_R を介してリンク M 1 及び M 2 は伸縮可能に連結されている。リンク M 1 に設けられた光送受信モジュール M O 1 とリンク M 2 に設けられた光送受信モジュール M O 2 とを接続する光ファイバケーブル 3 1 を有し、リンク M 2 に対してリンク M 1 が上下に並進して変位する伸縮可能な伸縮関節部 M_R が構成され、伸縮関節部 M_R において光ファイバケーブル 3 1 を備える関節機構 3 0 1 を構成することが可能となる。

10

【 0 0 7 5 】

光ファイバケーブル 3 1 の被覆材 C 3 及び光ファイバ芯線 F 3 は光送受信モジュール M O 2 の近傍のリンク M 2 の内壁に設けられた芯線保持部 P 6 において、リンク M 2 に固定されており、光ファイバ芯線 F 3 はリンク M 2 に保持されている。リンク M 2 の内壁であって芯線保持部 P 6 よりも伸縮関節部 M_R に近い側には、芯線係止部 Q 8 が設けられており、芯線係止部 Q 8 において光ファイバ芯線 F 3 はリンク M 2 に係止されている。リンク M 2 に固定されている芯線保持部 P 6 及び芯線係止部 Q 8 は、リンク M 2 の第 2 係止突起 M 2 - 2 よりも下方に位置している。

20

【 0 0 7 6 】

< < 第 4 実施形態 > >

図 7 に示されるように、リンク U 1 は上下に延びた下方に向けて開口する管状に形成され、リンク U 1 の下部の管内壁には径外方向に凹み周方向へ連なった凹部 U 1 - 1 が設けられている。リンク U 1 には、リンク U 1 の下端の開口部からリンク U 1 と同軸になるように挿入された管状のリンク U 2 が連結されており、リンク U 1 とリンク U 2 とは連通している。リンク U 2 の外周面には、凹部 U 1 - 1 と係合し、リンク U 2 のリンク U 1 に対する上下方向の変位を規制する凸部 U 2 - 1 が設けられている。凹部 U 1 - 1 と凸部 U 2 - 1 とが係合することによって、リンク U 2 はリンク U 1 に対してリンク U 1 の軸線方向を中心とするねじれ変位可能に支持されている。リンク U 1 とリンク U 2 とによって、ねじれ変位可能な捩回関節部 U_R を備える関節機構 4 0 1 が形成されている。

30

【 0 0 7 7 】

関節機構 4 0 1 には第 1 実施形態 ~ 第 3 実施形態と同様に光ファイバ芯線 F 4 及び被覆材 C 4 を備える光ファイバケーブル 4 1 が備えられている。捩回関節部 U_R より上側であってリンク U 1 の管内には、光送受信モジュール U O 1 が固定されている。光ファイバケーブル 4 1 の光ファイバ芯線 F 4 はその一端側が光送受信モジュール U O 1 の光送信装置に接続され、連通したリンク U 1 及びリンク U 2 の管内を通り、他端側がリンク U 2 の管内に固定された光送受信モジュール U O 2 に接続されている。光送受信モジュール U O 1 の近傍のリンク U 1 の管内の内壁に設けられた芯線保持部 P 7 において光ファイバ芯線 F 4 及び被覆材 C 4 がリンク U 1 に固定され保持されている。芯線保持部 P 7 よりも捩回関節部 U_R に近く、リンク U 1 の内孔に設けられリンク U 1 の軸線に沿う位置まで径内方向に突出した突起上に芯線係止部 Q 9 が設けられている。芯線係止部 Q 9 はリンク U 1 の軸線に沿って設けられている。芯線保持部 P 7 を通過した光ファイバケーブル 4 1 は軸線方向かつ下方へ延びて芯線係止部 Q 9 を通過し、その光ファイバ芯線 F 4 はリンク U 1 に固定された被覆材 C 4 の管内で移動可能にリンク U 1 に係止されている。

40

【 0 0 7 8 】

リンク U 2 の管内で捩回関節部 U_R より下側には、リンク U 2 の軸線に沿う位置まで径内方向に突出する突起が備えられている。光ファイバケーブル 4 1 は下方へ延び、その突起上に設けられた芯線係止部 Q 1 0 を通過する。芯線係止部 Q 1 0 において、光ファイバケーブル 4 1 は、その光ファイバ芯線 F 4 がリンク U 1 に固定された被覆材 C 4 の管内で

50

移動可能にリンクU 1に係止されている。芯線係止部Q 9を通過した光ファイバケーブル4 1は、下方かつリンクU 2の内壁まで延び、リンクU 2の管内の内壁に設けられた芯線保持部P 8を通過する。芯線保持部P 8において光ファイバケーブル4 1の光ファイバ芯線F 4及び被覆材C 4がリンクU 2に固定され保持されている。芯線保持部P 8の下側であってリンクU 2の管内の内壁には光送受信モジュールU O 2が固定されている。芯線保持部P 8と光送受信モジュールU O 2との間で被覆材C 4は終端し、光ファイバ芯線F 4が芯線保持部P 8から延びて光送受信モジュールU O 2の光受信モジュールに接続されている。

【0079】

以上のように構成した光ファイバケーブル4 1を備える関節機構4 0 1の効果について説明する。関節機構4 0 1は、捩回関節部U_Rを介して互いにねじれ変位可能に連結されたリンクU 1及びU 2と、リンクU 1及びリンクU 2に設けられ光信号を送受信する光送受信装置である光送受信モジュールU O 1及びU O 2と、光送受信モジュールU O 1と光送受信モジュールU O 2とを繋ぐように敷設された光ファイバケーブル4 1を備える。光ファイバケーブル4 1は光ファイバ芯線F 4を含み、関節機構4 0 1はリンクU 1に捩回関節部U_Rから離れた位置に設けられ光ファイバ芯線F 4をリンクU 1及びU 2に保持する芯線保持部P 7及びP 8をそれぞれ備える。関節機構4 0 1は、リンクU 1の芯線保持部P 7よりも捩回関節部U_Rに近い位置に設けられ被覆材C 4の管内で移動可能に光ファイバ芯線F 4を係止する芯線係止部Q 9と、リンクU 2の芯線保持部P 6よりも捩回関節部U_Rに近い位置に設けられ被覆材C 4の管内で移動可能に光ファイバ芯線F 4を係止する芯線係止部Q 10とを備える。光ファイバケーブル4 1の芯線係止部Q 9と芯線係止部Q 10との間に敷設される光ファイバ芯線F 4は捩回関節部U_Rでのねじれ変位の軸線に沿って設けられるため、捩回関節部U_Rのねじれ変位によって加わる光ファイバ芯線F 4への荷重が緩和される。光ファイバケーブル4 1の被覆材C 4は捩回関節部U_Rのねじれ変位によって破損しない程度の可撓性を有する。

【0080】

以上で具体的実施形態の説明を終えるが、本発明は上記実施形態に限定されることなく幅広く変形実施することができる。本実施形態では、光ファイバケーブルを1本、異なるリンクに設けられた2つの光送受信モジュールの間を、連結部を介して接続する構成としたが、関節を通過する光ファイバケーブルを複数設けてもよい。

【0081】

本実施形態では、リング状に構成された光ファイバケーブルネットワークに光ファイバケーブルが設けられるものとしたが、光ファイバケーブルネットワークのトポロジに限定されない。光ファイバケーブルが設けられる光ファイバケーブルネットワークは、スター型、ハブ型等のあらゆるトポロジを有するものであってよい。

【0082】

関節にケーブルが敷設されるとしたが、本明細書に記載の「敷設」とは、必ずしも「敷くように」ということを意味せず、関節に通信や光通信を可能とするようにケーブルが設けられる態様を意味する。

【0083】

本実施形態では、光ファイバケーブルが関節を通過する構成としたが、光ファイバケーブルと光ファイバケーブルに沿って配線された電気信号線とが関節を通過する構成としてもよい。光ファイバ芯線は電気信号線に被覆材を介して接するため、光ファイバ芯線と電気信号線とが直接接触することによる光ファイバ芯線の摩耗が防止される。

【符号の説明】

【0084】

1 0 1 : 第1の実施形態を示す関節機構
 K_R : 膝関節部
 K_{R1} : 連結部
 L O 1、L O 2 : 光送受信モジュール

10

20

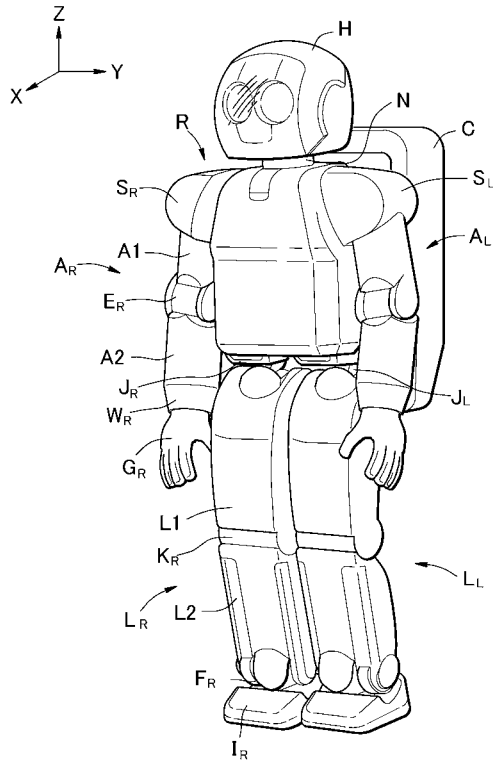
30

40

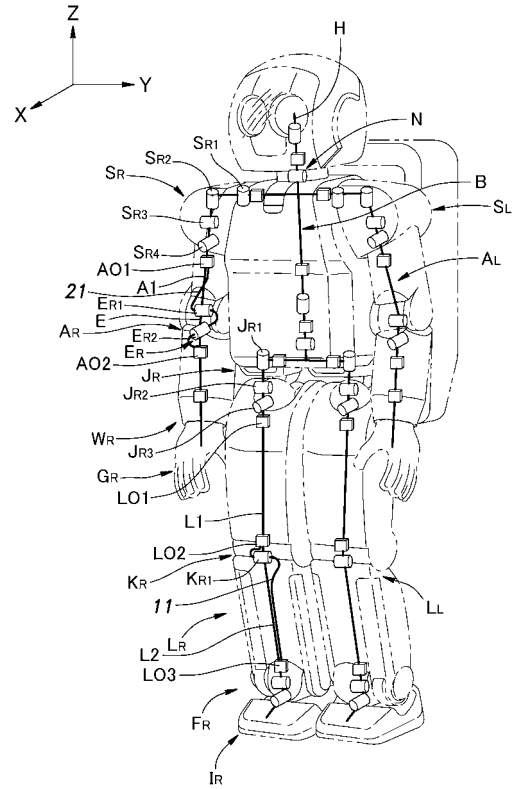
50

L 1、L 2	: リンク	
1 1	: 光ファイバケーブル	
F 1	: 光ファイバ芯線	
C 1	: 被覆材	
P 1、P 2	: 芯線保持部	
Q 1、Q 2	: 芯線係止部	
P 1 - 1	: 芯線固定部	
P 1 - 2	: 第 1 被覆材固定部	
Q 1 - 2	: 第 2 被覆材固定部	
1 2	: 連結支持管	10
1 3	: 連結支持管内孔	
2 0 1	: 第 2 の実施形態を示す関節機構	
E _R	: 肘関節部	
E _{R 1} 、E _{R 2}	: 連結部	
A O 1、A O 2	: 光送受信モジュール	
A 1、A 2	: リンク	
E	: リンク	
2 1	: 光ファイバケーブル	
F 2	: 光ファイバ芯線	
C 2	: 被覆材	20
P 3、P 4	: 芯線保持部	
Q 3 ~ Q 6	: 芯線係止部	
Q 1 1 ~ Q 1 4	: 芯線係止部	
2 2、2 3	: 連結支持管	
2 4、2 5	: 連結支持管内孔	
3 0 1	: 第 3 の実施形態を示す関節機構	
M _R	: 伸縮関節部	
M O 1、M O 2	: 光送受信モジュール	
M 1、M 2	: リンク	
3 1	: 光ファイバケーブル	30
F 3	: 光ファイバ芯線	
C 3	: 被覆材	
P 5、P 6	: 芯線保持部	
Q 7、Q 8	: 芯線係止部	
4 0 1	: 第 4 の実施形態を示す関節機構	
U _R	: 伸縮関節部	
U O 1、U O 2	: 光送受信モジュール	
U 1、U 2	: リンク	
4 1	: 光ファイバケーブル	
F 4	: 光ファイバ芯線	40
C 4	: 被覆材	
P 7、P 8	: 芯線保持部	
Q 9、Q 1 0	: 芯線係止部	

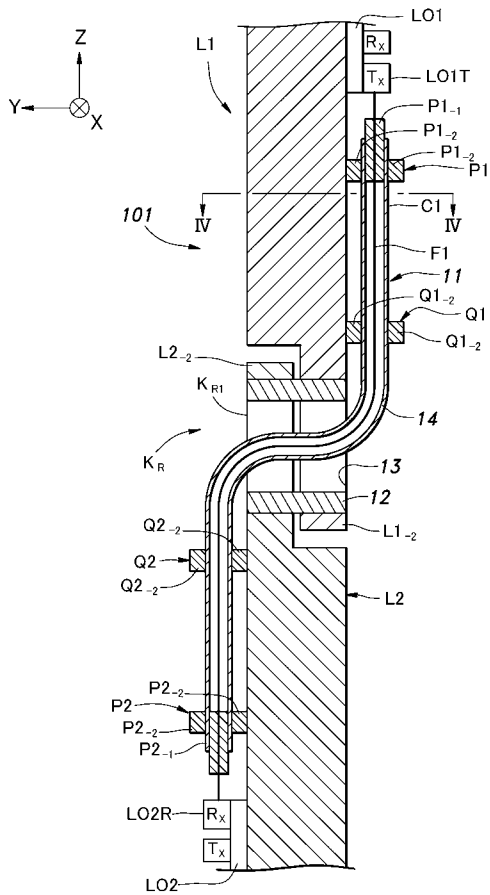
【 図 1 】



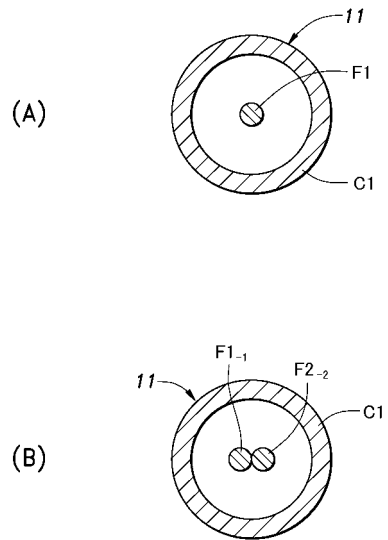
【 図 2 】



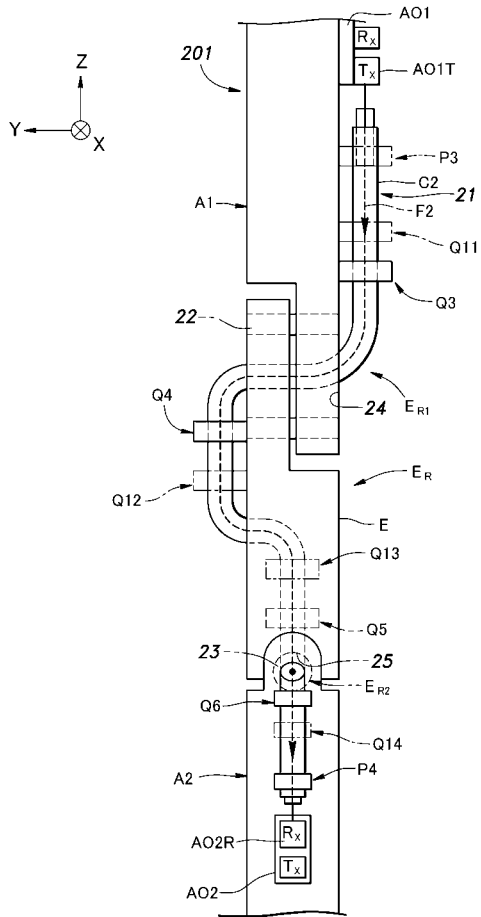
【 図 3 】



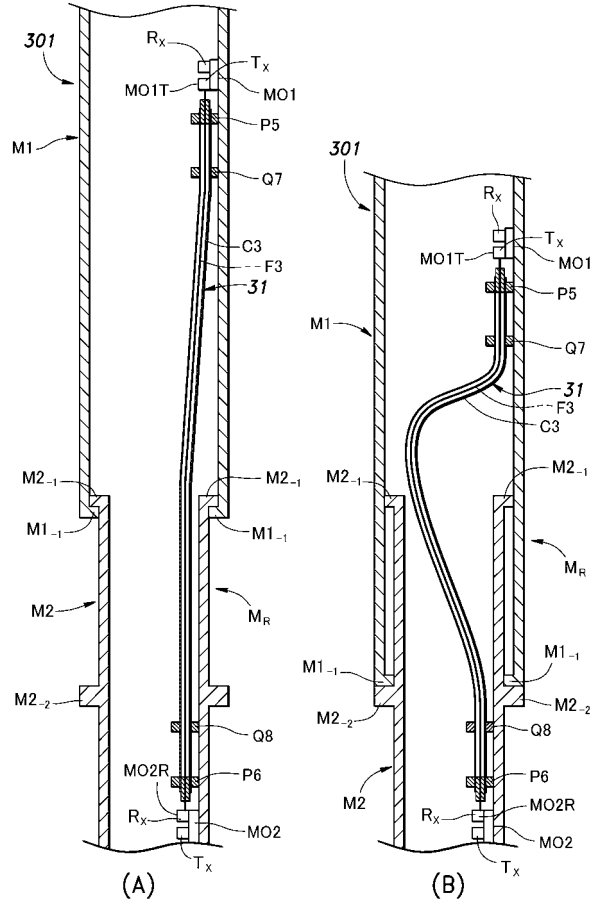
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】

