

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2016-509882

(P2016-509882A)

(43) 公表日 平成28年4月4日 (2016. 4. 4)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
A 6 1 B 17/28 (2006.01)	A 6 1 B 17/28 3 1 0	4 C 1 6 0
A 6 1 B 17/32 (2006.01)	A 6 1 B 17/32 3 3 0	4 C 1 6 1
A 6 1 B 1/00 (2006.01)	A 6 1 B 1/00 3 1 0 H	
	A 6 1 B 1/00 3 1 0 A	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 36 頁)

(21) 出願番号	特願2015-560357 (P2015-560357)	(71) 出願人	503146324
(86) (22) 出願日	平成26年2月28日 (2014. 2. 28)		ザ ブリガム アンド ウィメンズ ホス
(85) 翻訳文提出日	平成27年10月23日 (2015. 10. 23)		ピタル インコーポレイテッド
(86) 国際出願番号	PCT/US2014/019478		The Brigham and Wom
(87) 国際公開番号	W02014/134475		en's Hospital, Inc.
(87) 国際公開日	平成26年9月4日 (2014. 9. 4)		アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 O
(31) 優先権主張番号	61/770, 883		2 1 1 5 ポストン フランシス ストリ
(32) 優先日	平成25年2月28日 (2013. 2. 28)		ート 7 5
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(71) 出願人	596130705
(31) 優先権主張番号	13/834, 561		キャノン ユーエスエイ, インコーポレイ
(32) 優先日	平成25年3月15日 (2013. 3. 15)		テッド
(33) 優先権主張国	米国 (US)		CANON U. S. A., INC
			アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 1 7
			4 7, メルビル, ワン キャノン パ
			ーク

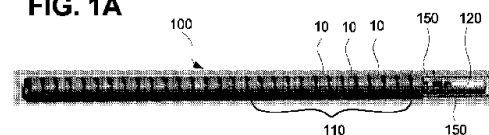
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 多関節シースの機械構造

(57) 【要約】

シース装置であって、前記シース装置は、互いに対して傾けられ得る複数のノードリングを有し、各ノードリングは、実質的に筒状の壁を規定して、前記筒状の壁を貫通する少なくとも1つの孔を有し、前記複数のノードリングは、連続的なノードリングが接触面で互いに接触するように、線状の軸に沿って互いに隣り合って配置され、前記シース装置は、積み重ねられたノードリングの前記孔を通る操作ワイヤと、前記積み重ねられたノードリングを傾いた位置から元の位置に復元する位置復元部材と、を有し、前記位置復元部材は、前記積み重ねられたノードリングの内側又は外側に配置されていることを特徴とするシース装置。

FIG. 1A



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

シース装置であって、

前記シース装置は、互いに対して傾けられ得る複数のノードリングを有し、各ノードリングは、実質的に筒状の壁を規定して、前記筒状の壁を貫通する少なくとも 1 つの孔を有し、前記複数のノードリングは、連続的なノードリングが接触面で互いに接触するように、線状の軸に沿って互いに隣り合って配置され、

前記シース装置は、

積み重ねられたノードリングの前記孔を通る操作ワイヤと、

前記積み重ねられたノードリングを傾いた位置から元の位置に復元する位置復元部材と、を有し、

前記位置復元部材は、前記積み重ねられたノードリングの内側又は外側に配置されていることを特徴とするシース装置。

【請求項 2】

前記位置復元部材は、曲げ可能な弾性リンクによって互いに接続された複数の筒状ユニットを含み、

前記曲げ可能な弾性リンクの剛性は、各筒状ユニットの剛性よりも小さく、

前記積み重ねられたノードリングの前記接触面は、実質的に前記位置復元部材における前記曲げ可能な弾性リンクの曲げ点として前記線状の軸に沿って配置されていることを特徴とする請求項 1 に記載のシース装置。

【請求項 3】

曲げ方向に対する前記位置復元部材の剛性は、前記曲げ方向及びノードリング軸に直交する方向に対する前記位置復元部材の剛性よりも小さいことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のシース装置。

【請求項 4】

連続して積み重ねられた 2 つのノードリングの接触面と前記線状の軸に沿った前記位置復元部材の曲げ点との間の距離 ε は R / μ よりも小さく、 R は前記線状の軸から前記操作ワイヤまでの距離であり、 μ は 2 つの連続的な積み重ねられたノードリングの接触点での摩擦係数であることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のうちいずれか 1 項に記載のシース装置。

【請求項 5】

前記連続して積み重ねられた 2 つのノードリングの接触面と前記線状の軸に沿った前記位置復元部材の曲げ点との間の距離 ε は $R / 10 \mu$ よりも小さく、 R は前記線状の軸から前記操作ワイヤまでの距離であり、 μ は 2 つの連続的な積み重ねられたノードリングの接触点での摩擦係数であることを特徴とする請求項 4 に記載のシース装置。

【請求項 6】

複数の機械シース部分を含む多関節シース装置であって、

各機械シース部分は、互いに対して傾けられ得る複数のノードリングを有し、各ノードリングは、実質的に筒状の壁を規定して、前記筒状の壁を貫通する少なくとも 1 つの孔を有し、前記複数のノードリングは、連続的なノードリングが接触面で互いに接触するように、線状の軸に沿って互いに隣り合って配置され、

各機械シース部分は、

積み重ねられたノードリングの前記孔を通る操作ワイヤと、

前記積み重ねられたノードリングを傾いた位置から元の位置に復元する位置復元部材と、を有し、

前記位置復元部材は、前記積み重ねられたノードリングの内側に配置され、

前記操作ワイヤの少なくとも 1 つは、前記機械シース部分のそれぞれの遠位端に取り付けられていることを特徴とする多関節シース装置。

【請求項 7】

前記積み重ねられたノードリングの接触部分は、前記位置復元部材の曲げ中心として前

10

20

30

40

50

記軸方向に同一の位置にあることを特徴とする請求項 6 に記載の多関節シース装置。

【請求項 8】

曲げ方向に対する前記位置復元部材の剛性は、前記曲げ方向に直交する方向よりも小さいことを特徴とする請求項 6 又は 7 に記載の多関節シース装置。

【請求項 9】

連続して積み重ねられた 2 つのノードリングの接触面と前記線状の軸に沿った前記位置復元部材の曲げ点との間の距離 ε は R / μ よりも小さく、 R は前記線状の軸から前記操作ワイヤまでの距離であり、 μ は 2 つの連続的な積み重ねられたノードリングの接触点での摩擦係数であることを特徴とする請求項 7 又は 8 に記載の多関節シース装置。

【請求項 10】

前記連続して積み重ねられた 2 つのノードリングの接触面と前記線状の軸に沿った前記位置復元部材の曲げ点との間の距離 ε は $R / 10 \mu$ よりも小さく、 R は前記線状の軸から前記操作ワイヤまでの距離であり、 μ は 2 つの連続的な積み重ねられたノードリングの接触点での摩擦係数であることを特徴とする請求項 9 に記載の多関節シース装置。

【請求項 11】

内視鏡装置であって、
請求項 1 乃至 10 のうちいずれか 1 項に記載の多関節シース装置と、
前記多関節シース装置に挿入されたイメージング内視鏡と、
シースの遠位端に取り付けられたエンドエフェクタを制御するためのガイドワイヤに張力を与える複数のアクチュエータユニットを含むアクチュエータ回路と、
を有することを特徴とする内視鏡装置。

【請求項 12】

多関節シースの機械構造であって、
互いに隣接して配置され、互いに対して傾け可能な一連の積み重ねられたノードリングと、
前記積み重ねられたノードリングを通る操作ワイヤと、
前記積み重ねられたノードリングを傾いた位置から元の位置に復元する位置復元部材と

を有し、
前記位置復元部材は、前記積み重ねられたノードリングの内側に配置され、
前記位置復元部材は、積み重ねられた各ノードリングの長さと同じピッチで配置された複数のリンクを備えた曲げ可能なスプリングを含むことを特徴とする多関節シースの機械構造。

【請求項 13】

前記多関節シース内に手術補助器具を更に有することを特徴とする請求項 11 に記載の内視鏡装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本出願は、2013 年 2 月 28 日に仮出願された米国特許出願第 61 / 770883 号及び 2013 年 3 月 15 日に提出された米国特許第 13 / 834561 号への優先権を主張し、これらはその全体が参照によって開示に組み込まれる。

【0002】

本出願の開示は、一般には、医療機器に関し、特に、内視鏡などの手術道具や手術器具のリモートロボットマニピュレーションに適用可能な多関節シース (articulated sheath) に関する。

【背景技術】

【0003】

内視鏡的な手術器具や手術道具は、よく知られており、医療分野において認められ続けている。内視鏡的な器具や道具は、一般に、一般的にスリーブ又はシースと称されるリジ

10

20

30

40

50

ッドな又はフレキシブルな管を含む。シースの遠位端に配置されたエンドエフェクタにアクセスすることを可能にするために、複数のチャンネルがシースに沿って（典型的には、内部に）延在している。シースの近位端に配置された制御機構は、複数のチャンネルを介して、エンドエフェクタのリモートマニピュレーションを可能にする。従って、シースの機械構造は、患者の繊細な器官や組織を保護しながら、エンドエフェクタへのフレキシブルなアクセスを保証する上で重要な役割を担う。ここで、及び、内視鏡的な医療機器の技術の他の場所で使用されているように、「エンドエフェクタ」という用語は、手術器具や手術道具の実際の機構部分を参照する。

【0004】

内視鏡的な手術道具（外科的なツール）は、クランプ、グラスパー、はさみ、ステーブラー、ニードルホルダー及びその他の同様な道具を含み、それらは、検査又は手術の間において体の一部（器官又は組織）を操作するのに役立つ。内視鏡的な器具は、主として、検査中に体の一部を照明するのに役立つ光伝送システムと、検査中に体の一部を観察するのに役立つ画像システムとを含む。典型的な内視鏡的な光伝送システムにおいて、光源は、患者の体の外に配置され、光は、光ファイバーシステムを介して伝送される。内視鏡的な画像システムにおいて、シースの遠位端に配置された対物レンズは、シースの近位端に配置された表示デバイス又はセンサへの光ファイバーの束を介して、集光光によって形成された画像を送信する。内視鏡的な手術器具の例は、腹腔鏡を含むが、更に多くが存在する。

10

【0005】

現在の内視鏡的なテクノロジーは、最小侵襲手術（MIS）を提供することによって、ネガティブな副作用の量を低減し、患者の安心を増加することに努力する。しかしながら、内視鏡的な道具の技術の現状の主要な欠点のうちの1つは、内視鏡手術を行う医療従事者（内視鏡医及び外科医）に要求される器用さ及び敏感さの不足である。

20

【0006】

特に、リジッドな又はフレキシブルなシースを備えた多くの従来の内視鏡的な器具は、シースの機械構造の剛性に起因して、外科医又は内視鏡医が内視鏡的な道具及び器具を容易に扱うことを妨げる。更に重要なこととして、リジッドな又はフレキシブルなシースは、検査又は手術中にエンドエフェクタによって器官又は組織に与えられた圧力又は力の量の正確な感触（感触のフィードバック）を外科医が得ることを妨げる。

30

【0007】

例えば、O s t r o v s k y らによって開示された米国特許出願公開第2008/0287741号明細書は、内視鏡又はカテーテルで使用される関節機構を記載している。かかる機構は、互いに隣接して配置され、互いに移動可能な一連の積み重ねられたリンクを含む。プルワイヤは、張力（テンション）を提供し、複数のプルワイヤの移動によって遠位部の屈曲を制御することを可能にしながら、積み重ねられたリンクを保持する。特に、積み重ねられたリンクは、ジョイントでの復元力を有していない。ワイヤのけん引は、複数のリンクの間で屈曲力を均等に分配しない。各ジョイントでの屈曲角は、種々のジョイントで一様でない。従って、このシースは、一様な曲率に制御することができない。

40

【0008】

別の例として、フレキシブルな器具のための多関節シースを開示する米国特許第7,785,252を説明する。近位部及び遠位部を備えた細長いシャフトを有するシースは、複数の対のリンクを含む。シースは、少なくとも1つの離散的な対のリンクを、接続された対の一方のリンクの移動が対応する対の他方のリンクの相対的な移動を引き起こすように、別のものと接続するケーブルの複数のセットも含む。近位部の移動は、遠位部の対応する移動をもたらす。この特許において、フレキシブルなヒンジは、ワイヤ（ケーブル）張力によって、圧縮力を受ける。圧縮力に対抗するために、フレキシブルなヒンジは、軸方向にリジッドでなければならず、剛性が高くなるように設計される。この剛性は、ワイヤ張力が大きくなることを必要とし、それは、エンドエフェクタによって患者の器官又は組織に与えられている力の量の適切な感触を内視鏡医又は外科医が得ることを困難にする

50

。また、シースの機械構造がモーターによって制御される場合、モーターが大きくなることを必要とする。医療現場の手術に対して、大きなモーターは、外科医の精密及び正確な操作を妨げる原因になるか、或いは、オペレーターの疲労の原因になる。

【0009】

ここで使用されている「剛性」という用語は、物又は材料の剛性を称する。剛性は、適用された力又は張力に応じて、物又は材料が変形（例えば、曲げ、伸び又は圧縮）に対抗する範囲又は量によって決定することができる。剛性は、フレキシビリティ又はプライアビリティに反するもの、或いは、補完するものと考えられる。すなわち、よりフレキシブルな物又は素材は、より小さい剛性である。数学的な表現では、物又は材料の剛性 K は、適用された力 F に応じた変形に対抗する指標である。1つの自由度（例えば、曲げの1つの方向）を有する物に対して、適用された力によって生じる変位を δ とすると、剛性は、 $K = F / \delta$ として定義される。国際単位系では、剛性は、ニュートン/メートルで測定され、米英単位系では、剛性は、ポンド（ $l b s$ ）/インチで測定される。物は、1つより多くの変形を一度に受け得るが、単純化のために、本願での検討は、物の変形及び剛性を一度に1つの自由度のみで考慮する。

10

【0010】

Ph eeらによって開示された米国特許出願公開第2012/0078053号明細書は、フレキシブルな内視鏡検査のためのロボットシステムを開示する。Ph eeらによれば、胃腸（*Gastrointestinal* : *GI*）病を診断するために、内視鏡検査が胃腸（*GI*）管を容易に操作できるように、固定された曲げ半径を有するシース又は異なる長さをそれぞれが備えた異なる曲げ半径を有するシースを実現することが可能である。

20

【0011】

神経外科などの非常に繊細な外科手術において、内視鏡又はその他のいかなる手術道具とクリティカルな脳組織及び病巣の周辺の神経との接触を回避する必要がある。そのために、シースの正確に制御された形状を操作し、どのくらいの力又は張力がエンドエフェクタに適用されるのかを高度の確度で知る必要がある。また、様々な方向から、多くの場合、内視鏡が挿入される逆方向から病巣を詳細に視察することが必要である。このように、手術される器官又は組織の近くに位置する繊細な構造にダメージを与えずに、手術を行うことができる。そのために、過度な力を与えずに、全ての方向及びいかなる位置にも、制御された形状にシースを容易に曲げることができることが必要である。

30

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0012】

本願の少なくとも1つの実施形態によれば、本発明のある側面は、添付の請求の範囲で定義される。以下に記載する様々な実施形態に従って、過度な力を与えずに、全ての方向に制御された形状を備え、いかなる位置にも曲げることができる機械的なシース構造が開示される。

【0013】

本発明の第1の側面によれば、シース装置は、互いに対して傾けられ得る複数のノードリングを有し、各ノードリングは、実質的に筒状の壁を規定して、前記筒状の壁を貫通する少なくとも1つの孔を有し、前記複数のノードリングは、連続的なノードリングが接触面で互いに接触するように、線状の軸に沿って互いに隣り合って配置され、前記シース装置は、積み重ねられたノードリングの前記孔を通る操作ワイヤと、前記積み重ねられたノードリングを傾いた位置から元の位置に復元する位置復元部材と、を有し、前記位置復元部材は、前記積み重ねられたノードリングの内側又は外側に配置されていることを特徴とする。

40

【0014】

本発明の更なる特徴は、以下、添付の図面を参照して説明される典型的な実施形態によって明らかにされるであろう。

50

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1A】図1Aは、本発明の実施形態における多関節シースの機械構造の典型的な構成を示す。

【図1B】図1Bは、本発明の実施形態における多関節シースの機械構造の典型的な構成を示す。

【図1C】図1Cは、本発明の実施形態における多関節シースの機械構造の要部の拡大図を示す。

【図2A】図2Aは、多関節シースのノードリングの斜視図を示す。

【図2B】図2Bは、多関節シースのノードリングの側面図を示す。

10

【図2C】図2Cは、図2Aに示すノードリングの遠位端を示す。

【図2D】図2Dは、図2Aに示すノードリングの近位端を示す。

【図3A】図3Aは、多関節シースの機械構造を動作させるための動作制御を示す。

【図3B】図3Bは、多関節シースの機械構造を動作させるための動作制御を示す。

【図3C】図3Cは、多関節シースの機械構造を動作させるための動作制御を示す。

【図3D】図3Dは、多関節シースの機械構造を動作させるための動作制御を示す。

【図4A】図4Aは、多関節シースを曲げる典型的な方法を示す。

【図4B】図4Bは、多関節シースを曲げる典型的な方法を示す。

【図4C】図4Cは、多関節シースを曲げる典型的な方法を示す。

【図5】図5は、多関節シースの基本的な構造の例を示す。

20

【図6】図6は、多関節シースの曲げ角度を算出するために考慮された典型的なパラメータを示す。

【図7】図7は、多関節シースのノードリングの所望の数に対して曲率半径を算出するために考慮された典型的なパラメータを示す。

【図8】図8は、少なくとも2つの連続的な曲げ部分に曲げられた多関節シースの例を示す。

【図9】図9は、対応する複数の制御ガイドワイヤを通すための複数の孔を有するノードリングの平面図を示す。

【図10】図10は、第2の実施形態における多関節シースを示す。

【図11A】図11Aは、第2の実施形態における多関節シースのセンタースプリングコイルを示す。

30

【図11B】図11Bは、第2の実施形態における多関節シースのセンタースプリングコイルを示す。

【図12】図12は、半球形状の曲面突出部を有するノードリングを示す。

【図13】図13は、本発明の第3の実施形態における多関節シースの異なる実現を示す。

【図14A】図14Aは、図13のラインAにおける横断面図を示す。

【図14B】図14Bは、図13のラインBにおける横断面図を示す。

【図15】図15は、本発明の第4の実施形態における多関節シースの異なる実現を示す。

40

【図16A】図16Aは、図15のラインAにおける横断面図を示す。

【図16B】図16Bは、図15のラインBにおける横断面図を示す。

【図17A】図17Aは、図16Aに示すそれらに対して45度回転させて配置された制御ガイドワイヤを示す。

【図17B】図17Bは、図16Bに示すそれらに対して45度回転させて配置された制御ガイドワイヤを示す。

【図18】図18は、本発明の第5の実施形態における多関節シースの異なる実現を示す。

【図19】図19は、図18のラインAにおける横断面図を示す。

【図20】図20は、本発明のいずれかの実施形態の典型的な適用における内視鏡システ

50

ムの実施形態を示す。

【図 2 1 A】図 2 1 A は、本発明における多関節シースの変形例を示す。

【図 2 1 B】図 2 1 B は、本発明における多関節シースの変形例を示す。

【図 2 1 C】図 2 1 C は、本発明における多関節シースの変形例を示す。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、開示された発明が実施される実施形態の図である添付図面を参照して説明する。但し、当業者は、この開示の新規性及び範囲から外れることなく、その他の構造的及び機能的な変形を開発することができると理解される。

【0017】

説明を参照するに、具体的な詳細は、開示された例の十分な理解を提供するために説明される。その他の例において、本開示を不必要に長くしないために、周知の方法、手段、構成及び回路は、詳細な説明を省略する。本発明の幾つかの実施形態は、情報及び指示を処理するための 1 つ又は複数のプロセッサと、情報及び指示を記憶するためのランダムアクセス（揮発性）メモリ（RAM）と、静的な情報及び指示を記憶するための読み出し専用（非揮発性）メモリ（ROM）と、情報及び指示を記憶するための磁気又は光ディスク及びディスクドライブなどのデータ記憶装置と、コンピュータユーザに情報を表示する表示装置（例えば、モニタ）などの随意的なユーザ出力装置と、情報及びコマンド選択をプロセッサに伝達する英数字及びファンクションキー（例えば、キーボード）を含む随意的なユーザ入力装置と、ユーザ入力情報及びコマンド選択をプロセッサに伝達するカーソル制御装置（例えば、マウス）などの随意的なユーザ入力装置とを一般的に含むコンピュータシステムで実施される。

【0018】

当業者なら分かるように、本例は、システム、方法又はコンピュータプログラム製品として具現化される。従って、幾つかの例は、全体的なハードウェア態様、及び、全体的なソフトウェア態様（ファームウェア、常駐ソフトウェア、マイクロコードを含む）、又は、ソフトウェアとハードウェアとの組み合わせ態様の形態をとり、ここでそれらは、一般的に、「回路」、「モジュール」または「システム」と称される。更に、幾つかの形態は、それに記憶されたコンピュータ使用可能なプログラムコードを有する表現のいかなる有形的表現媒体で実施されるコンピュータプログラム製品の形態をとる。例えば、方法、装置（システム）及びコンピュータプログラム製品のフローチャート及び／又はブロック図を参照して以下に説明される幾つかの実施形態は、コンピュータプログラム命令によって実現される。コンピュータ可読媒体に記憶されたコンピュータプログラム命令がフローチャート及び／又はブロック図で特定される機能／動作／工程を実現する指示及び処理を含む製造品を構成するように、コンピュータプログラム命令は、コンピュータ又はその他のプログラム可能なデータ処理装置に特定の方法で作動するように指示することができるコンピュータ可読媒体に記憶される。

【0019】

要素又は部分が、別の要素又は部分に対して、「上に（on）」、「対する（against）」、「接続する（connected to）」又は「結合する（coupled to）」とされているならば、それは、別の要素又は部分に対して、直接的に、上に、対する、接続する又は結合する、或いは、介在要素又は部分が存在すると理解されるべきである。一方、要素が、別の要素又は部分に対して、「直接的に上に（directly on）」、「直接的に接続する（directly connected to）」、「直接的に結合する（directly coupled to）」とされているならば、介在要素又は部分は存在しない。「及び／又は」という用語が提供されるならば、1 つ又は複数の関連リストアイテムのあらゆる組み合わせを含む。

【0020】

「下（under）」、「真下（beneath）」、「下方（below）」、「下側（lower）」、「上（above）」、「上側（upper）」、「近位（pro

10

20

30

40

50

ximal)」、「遠位(distal)」などの空間的で相対的な用語は、ここでは、様々な図面に図示されているような別の要素又は特徴に対するある要素又は特徴の関係を説明するための容易な記載として使用される。但し、空間的で相対的な用語は、図面に図示された方位(姿勢)に加えて、使用時又は操作時の装置の異なる方位を包含することを意図していると理解されるべきである。例えば、図面の装置が反転されると、その他の要素又は特徴の「下方」又は「真下」と記載された要素は、その他の要素又は特徴の「上方」の方向を向くことになる。このように、「下方」などの相対的な空間用語は、上及び下の方位の両方を包含する。装置は、別の方位(90度回転又はその他の方位)を向いてもよく、ここで使用される空間的で相対的な記述子は、それに応じて解釈されるべきである。同様に、相対的な空間用語である「近位」及び「遠位」も必要に応じて交換可能である。

10

【0021】

ここでは、第1、第2、第3などの用語は、様々な要素、構成、領域、部及び/又は部分を説明するために使用される。これらの要素、構成、領域、部及び/又は部分はこれらの用語によって限定されないと理解されるべきである。これらの用語は、ある要素、構成、領域、部又は部分を、別の領域、部又は部分と区別するためだけに使用される。このように、以下で検討される第1の要素、構成、領域、部又は部分は、ここでの教示を外れることなく、第2の要素、構成、領域、部又は部分と称することができる。

【0022】

ここで使用される専門用語は、特定の実施形態だけを説明するためのものであり、限定することを意図していない。ここで使用されているように、「1つの(a)」、「1つの(an)」及び「その(the)」という単数形は、明確な説明がない限り、複数形を含むことを意図している。「含む(include)」及び/又は「含んでいる(including)」という用語は、本明細書での使用において、提示された特徴、整数、工程、動作、要素及び/又は構成の存在を特定するが、明確に提示されていない1つ又は複数の特徴、整数、工程、動作、要素、構成及びそれらのグループの存在又は追加を排除するものではないと理解されるべきである。

20

【0023】

図面に図示された実施形態を説明する際に、具体的な専門用語は、明瞭さのために使用される。但し、この特許の明細書の開示は、そのようにして選択された具体的な専門用語に限定されることを意図しておらず、各具体的な要素は、同様な方法で動作する全ての技術的に等価なものを含むと理解されるべきである。

30

【0024】

典型的な実施形態は、幾つかの図面を参照して以下に説明され、同等の参照番号は、幾つかの図面及び実施形態にわたって、同一の又は対応する部分を指定する。

(第1の実施形態)

図1A乃至図1Cは、本発明の実施形態における多関節シース100の基本的な機械構造の典型的な構成を示す。ここで使用されているように、「基本的な機械構造」という用語は、多関節シース100の中心軸(直線状の軸)AXに対するプラス/マイナスシート(θ)の角度に沿った最小の関節(曲げ)を得るのに必要な多関節シース100の基礎的要素又は最小単位又はシース部分を称する。図1Aに図示しているように、多関節シース100は、複数のノードリング10で構成された外側本体部110と、外側本体部110の内側に配置された内側本体部120と、複数のノードリング10の孔を通る複数のワイヤ150と、を含む。

40

【0025】

図1Bに図示しているように、外側本体部110の複数のノードリング10は、互いに連続して積み重ねられ又は配置され、ワイヤ150は、各ノードリング10の壁で形成された孔を通る。このように、ワイヤ150は、多関節シース100の遠位端Aから近位端Bに延在する。

【0026】

50

図 1 C は、多関節シース 1 0 0 の機械構造の遠位端 A の拡大図を示す。図 1 C に示すように、外側本体部 1 1 0 は、内側本体部 1 2 0 の周囲で次々に連続して配置された複数の円筒型のチューブ状のノードリング 1 0 で形成される。内側本体部 1 2 0 は、センタースプリングとして機能する単一のチューブ状の構造で形成される。内側本体部 1 2 0 のセンタースプリングは、曲げ可能なヒンジ 1 2 2 (曲げ可能なリンク) によって互いに接続された複数の円筒型のユニット 1 2 1 を含む。円筒型のユニット 1 2 1 及び曲げ可能なヒンジ 1 2 2 は、所定のピッチ P で連続して配置された円筒型のユニット 1 2 1 及び曲げ可能なヒンジ 1 2 2 から機械加工された単一の構造エンティティの一部である。ピッチ P は、実質的に、各ノードリング 1 0 の全体の長さ L と等しい。ワイヤ 1 5 0 は、ロッキングビーズ 1 5 1 によって、シースの遠位端において (又は任意のその他の位置において) ノードリング 1 0 と係合する。互いに密着して整列された複数のノードリング 1 0 を維持するために、ワイヤ 1 5 0 は、ノードリング 1 0 の円筒型の壁に形成された孔 1 4 を介して、シース 1 0 0 の遠位端 A から近位端 B に延在する。

10

20

30

40

50

【0027】

多関節シース 1 0 0 の種々のパーツを製造するために使用できる製造の材料又は方法についての限定はない。当業者は、ここで開示された構造の所望の用途に適用可能な様々な製造の方法及び入手可能な材料に詳しいと想定される。ある試作品又は実験的な例において、発明者は、ここでは、現在商業的に入手可能な材料及び製造の方法を使用した。但し、将来、その他の適した材料及び製造の方法が入手可能になるかもしれない。その一例において、内側本体部 1 2 0 は、シース 1 0 0 の形状を元の曲がっていない位置に復元するのに役立つ要素として使用されるため、内側本体部 1 2 0 は、亜鉛メッキ鉄板、ステンレス鋼又は形状記憶合金 (SMA s) で構成される。SMA s は、それらの元の形状を「記憶している」金属であり、形状、剛性、位置などを変化させるアクチュエータを形成するのに有用であり、その元の形状、剛性、位置などに戻ることを要求される。ニッケルチタン合金は、特に有用な SMA s であるが、その他も入手可能である。従って、SMA s は、壊れることなく、収縮又は曲げを繰り返す SMA s の能力のため、シース 1 0 0 の内側本体部 1 2 0 を形成するのに特に有利である。ワイヤ 1 5 0 は、滅菌された鋼線又はその他の既知の合成ベースの金属線である。具体的には、ノードリングに対して、ステンレス鋼、ニッケルチタン NiTi (形状記憶合金)、PEEK (ポリエーテルエーテルケトン)、PET (ポリエチレン・テレフタレート) は、使用できる例の幾つかである。ガイドワイヤに対して、ステンレス鋼、NiTi (形状記憶合金)、ナイロン、PE (ポリエチレン)、PVDF (ポリフッ化ビニリデン) は、使用できる例の幾つかである。センタースプリング (内側本体部 1 2 0) に対して、NiTi (形状記憶合金)、ステンレス鋼、ピアノ線、リン青銅、BeCu (ベリリウム銅)、バネ鋼は、使用できる材料の幾つかの追加の例である。

【0028】

図 2 A 乃至図 2 D は、詳細なノードリング 1 0 の構造を示す。図 2 A は、単一のチューブ状のノードリング 1 0 の 3 次元ビュー (斜視図) を示す。図 2 B は、ノードリング 1 0 の側面図 (長手方向のビュー) を示す。図 2 C は、ノードリング 1 0 の遠位端から見た平面図 (遠位のビュー) を示す。図 2 D は、ノードリング 1 0 の近位端から見た平面図 (近位のビュー) を示す。特に、これらの図面に示すように、各ノードリング 1 0 は、予め定められた長さ L、それらの間に周縁壁をともに形成する内径 d 及び外径 D を有する円筒型のチューブ状の構造として形成される。特に、ノードリング 1 0 は、その遠位端に、平らな突出部 1 1 を含む第 1 の面 1 2 を含み、その近位端に、曲面突出部 1 5 を含む第 2 の面 1 3 を含む。孔 1 4 は、ノードリング 1 0 の周縁壁に沿って、第 1 の面 1 2 から第 2 の面 1 3 に延在する。第 1 の面 1 2 の平らな突出部 1 1 から第 2 の面 1 3 の曲面突出部 1 5 の頂点までの長手方向の距離は、各ノードリング 1 0 の長さ L を規定する。

【0029】

図 2 C に示すように、複数の孔 1 4 及び平らな突出部 1 1 は、各ノードリング 1 0 の第 1 の面 1 2 に形成される。図 2 C において、各孔 1 4 は、平らな突出部 1 1 のセンター面

に対して、約 90°で配置される。但し、実際には、孔 14 は、平らな突出部 11 からいかなる距離で配置されてもよい。同様に、図 2 D に示すように、複数の孔 14 及び曲面突出部 15 は、各ノードリング 10 の第 2 の面 13 に形成される。図 2 D において、各孔 14 は、曲面突出部 15 に対して、90°で配置される。但し、実際には、孔 14 は、チューブ状のノードリング 10 の周縁壁に沿って、第 2 の面 13 の曲面突出部 15 からいかなる距離で配置されてもよい。

【0030】

図 3 A 乃至図 4 C を参照して、多関節シースの機械構造を動作させるための動作制御を説明する。まず、図 3 A は、典型的なシース 100 の遠位端の 3 次元ビューを示す。図 3 A において、2 つの連続的なノードリング 10 は、連続的なノードリングが直線状の軸 A X に直交する接触面で互いに接触するように、配置されている。2 つの連続的なノードリング 10 の間の接触部分は、隣接するノードリング 10 の平らな突出部 11 に接触する 1 つのノードリング 10 における曲面突出部 15 の部分である。別の表現では、2 つの連続的なノードリング 10 の間の接触部分は、隣接するノードリング 10 における曲面突出部 15 に直接物理的に接触する 1 つのリング 10 の平らな突出部 11 の部分である。曲面突出部 15 が円筒型の突出部である場合、図 3 A に示すように、接触部分は、本質的に、平らな突出部 11 に直接接触する曲面突出部 15 の頂点によって規定された接触線である。曲面突出部 15 が、図 1 2 に示すように、半球形状の突出部である場合、接触部分は、平らな突出部 11 に直接接触する曲面突出部 15 の頂点によって規定された接触点である。いずれの場合においても、接触線又は接触点は、シース 100 の直線状の軸 A X に直交する接触面上にある。

【0031】

2 つの連続的なノードリング 10 の間の曲げ動作を参照するに、ワイヤ 150 が直線状の軸 A X に平行な方向（軸方向）に引っ張られると、2 つの連続的なノードリング 10 の曲面突出部 15 と平らな突出部 11 との間の接触部分がワイヤ 150 に与えられた引張力 F に対する支点として機能するため、ノードリング 10 の一方が他方に対して移動することが図 3 A から明らかである。図 3 B、図 3 C 及び図 3 D は、ここで開示された機械的なシースの理想的な構成における曲げ工程を示す。すなわち、これらの図面において、接触部分とヒンジの中心とは、直線状の軸 A X に沿って、正確に同一の位置にある。但し、曲げ力を与えるより前に、図 3 B に示すように、シース 100 が休止状態にある場合、ワイヤ 150 は、ノードリング 10 の孔 14 を通り、遠位ノードリング 10 の曲面突出部 15 は、近位ノードリング 10 の平らな突出部 11 に接触する。この休止状態において、内側本体部 120 のヒンジ 122 は、曲げられず、全体のシース 100 は、共通の直線状の軸（シース軸）A X に沿って、実質的に、一直線状に整列する。また、図 3 B の休止状態において、内側本体部 120 の長手方向の軸と各ノードリング 10 の長手方向の軸とは、直線状の軸 A X と一致する。全体のシース 100 をその休止状態に維持するために、ノードリング 10 は、互いに密着して配置され、初期張力 T は、両方のワイヤ 150 に存在する。

【0032】

シース 100 の遠位端に配置されたエンドエフェクタ（不図示）を作動させるために、図 3 C に示すように、シース 100 の近位端に向かって、力 F 1 が第 1 のワイヤ 150 を引っ張り、或いは、力 F 2 が第 2 のワイヤ 150 を引っ張る。第 1 のワイヤ 150 を引っ張る力 F 1 が第 2 のワイヤ 150 を引っ張る力 F 2 よりも大きい場合、2 つの力の差は、第 1 のノードリング 10 を軸 A X に対して角度シータ（ θ ）に傾ける合成張力を生じる。傾けられた遠位ノードリング 10 は、センタースプリング（内側本体部 120）のヒンジ 122 に曲げモーメントを与え、図 3 C に示すように、引張力 F 1 の側にヒンジ 122 を曲げる。一方、第 2 のワイヤ 150 を引っ張る力 F 2 が第 1 のワイヤ 150 を引っ張る力 F 1 よりも大きい場合、2 つの力の差は、軸 A X に対してマイナスシータの角度に遠位ノードリング 10 を傾ける。傾けられた遠位ノードリング 10 は、センタースプリング（内側本体部 120）のヒンジ 122 に曲げモーメントを与え、図 3 D に示すように、引張力

F 2 の側にヒンジ 1 2 2 を曲げる。

【 0 0 3 3 】

表記の都合上、図 3 C における角度シータを正とみなし、図 3 D における角度シータを負とみなす。すなわち、ここで使用されているように、シース軸 A X に対して時計回りの方向にノードリング 1 0 を傾けることは、正の角度の傾きとみなし、軸 A X に対して反時計回りの方向にノードリング 1 0 を傾けることは、負の角度の傾きとみなす。

【 0 0 3 4 】

特に、第 1 及び第 2 のワイヤの両方を引っ張る力は、遠位ノードリング 1 0 の曲面突出部 1 5 と近位ノードリング 1 0 の平らな突出部 1 1 との間の接触部分を押圧する張力を生じる。但し、その曲面形状に起因して、曲面突出部 1 5 は、平らな突出部 1 1 の平面において簡単に回転する。接触点がヒンジ 1 2 2 の曲げの中心（点）で（又は、実質的に近くで）生じる場合、曲面突出部 1 5 の曲面と平らな突出部 1 1 の平面との間の滑りが最小又はなくなる。換言すれば、曲面突出部 1 5 の頂点がヒンジ 1 2 2 の長手方向の中間点に直交して一致する場合、曲面突出部 1 5 の曲面と平らな突出部 1 1 の平面との間の滑りが最小又はなくなる。

そのため、各ノードリング 1 0 の長さ L は、ピッチ P（2 つの連続的なヒンジ 1 2 2 の軸方向の中間点の間の距離）と等しくするのが好ましい。この場合、曲面突出部 1 5 の頂点は、シース 1 0 0 の軸方向への各ヒンジ 1 2 2 の曲げに対する最小抵抗の位置に正確に一致する。従って、傾ける工程は、ヒンジ 1 2 2 に曲げモーメントを与えるために、最小の力を要求する。また、ワイヤ 1 5 0 において作動させている力は、ノードリング 1 0 を容易に回転させ、与えられた力は、非常に効率的な方法でシース曲率に変換される。

【 0 0 3 5 】

更に具体的には、図 3 C 及び図 3 D に示す引張力 F 1 及び F 2 を考慮すると、これらの力の間の差は、以下の式（1）に基づいて、軸 A X に対して時計回りの方向又は反時計回りの方向のいずれかにシータ度又はラジアンでシース 1 0 0 を容易に曲げることができる。

$$\theta = R * | F 1 - F 2 | / K \quad (1)$$

式（1）において、K は、ヒンジ 1 2 2 の曲げ剛性であり、R は、シース 1 0 0 の軸中心（軸 A X）と大きい力を与えるワイヤ 1 5 0（理想的には、軸 A X から同一の距離 R で配置されるべき両方のワイヤ）との間の距離であり、F 1 は、第 1 のワイヤ 1 5 0 によって与えられた力であり、F 2 は、第 2 のワイヤ 1 5 0 によって与えられた力であり、θ は、軸 A X に対するヒンジ 1 2 2 の合成曲げ角度である。シース 1 0 0 のいずれの曲率でも、第 1 及び第 2 のワイヤ 1 5 0 によって与えられた張力によって制御され、要求される力は、式（1）によって定量化される。

【 0 0 3 6 】

図 4 A 乃至図 4 C を参照して、シース 1 0 0 を曲げる方法について、更に具体的な説明が提供される。図 4 A に示すように、ワイヤ 1 5 0 がシース 1 0 0 を曲げるために作動する場合、両方のワイヤ 1 5 0 は、遠位ノードリング 1 0 の遠位端を作動させ、予め定められた力（上述した F 1 及び F 2）は、シース 1 0 0 の近位端に向かって張力を与える。大きい力で引っ張るワイヤ 1 5 0 は、遠位ノードリング 1 0 の傾きの方向を決定する。例えば、図 4 A の場合、両方のワイヤ 1 5 0 a 及び 1 5 0 b は、不図示のアクチュエータによって引っ張られる。これらの引張力は、シース 1 0 0 の近位端に向かって長手方向の張力 T を与える。但し、シース 1 0 0 を曲げるために、一方のワイヤは、他方より大きい張力を与えなければならない。図 4 A において、ワイヤ 1 5 0 a は、ワイヤ 1 5 0 b より大きい張力を与え、これにより、張力差 d T が存在する。従って、張力 T + d T を与えるワイヤ 1 5 0 a は、時計回りの方向に遠位ノードリング 1 0 の傾きをもたらす。その結果、内側本体部 1 2 0 のヒンジ 1 2 2 は、シース軸 A X に対して、シータ（度又はラジアン）の量で曲がる。

【 0 0 3 7 】

理想的には、上述したように、曲面突出部 1 5 と平らな突出部 1 1 との間の接触部分は

、ヒンジ 1 2 2 の曲げの中心として軸方向において同一の長手方向の位置にある。そして、遠位ノードリング 1 0 の傾きが生じる場合、第 1 のワイヤ 1 5 0 a によって与えられる張力は、 $T + dT$ であり、第 2 のワイヤ 1 5 0 b の張力は、 $T - dT$ である。T は、シース 1 0 0 の要素の全てを定位置に維持するために各ワイヤによって与えられた初期の張力であり、 dT は、シースを 1 つの方向に曲げるために与えられた張力である。但し、シース 1 0 0 の近位端への初期の張力は、平らな突出部 1 1 と（接触部分で）接触して、曲面突出部 1 5 の頂点において、等しく、且つ、逆の押圧を生じる。すなわち、シース 1 0 0 の近位端への張力 $2T$ は、遠位端への相反する力 $2T$ を生じる。従って、2 つの連続的なノードリング 1 0 が集まるポイントにおいてシース 1 0 0 を曲げるために、抵抗力の和よりも大きい力モーメントを与えなければならない。すなわち、曲げのための力モーメントは、シース 1 0 0 を定位置に維持する張力 + ヒンジ 1 2 2 の剛性を超えなければならない。

10

【 0 0 3 8 】

図 4 B は、外側ノードリング 1 0 と内側スプリング（内側本体部 1 0）との間の小さい長手方向の変位を有する理想的な状態におけるシース 1 0 0 の機械構造の構成を示す。シース 1 0 0 の曲げの間の小さい変位は、様々な製造誤差及び一定の公差内の組み立て誤差によって生じる。外側ノードリングと内側スプリングとの間の好ましくない変位の上限を決定するために、図 4 B に示すように、外側本体部 1 1 0 に対する内側本体部 1 2 0 の間の長手方向の位置における差をイプシロン（ ε ）と称する。

【 0 0 3 9 】

20

また、遠位ノードリング 1 0 が傾くにつれて、曲面突出部 1 5 が平らな突出部 1 1 の上を滑る（移動する）。この微小な移動を dx と称する。図 4 C に示すように、 dx は、横方向の移動であり、それは、曲面突出部 1 5 と平らな突出部 1 1 との間の摩擦によって影響される。具体的には、図 4 A と図 4 B とを重ねることによって、その結果として得られる図 4 C は、軸 A X に直交する方向、且つ、この特定の図面における左方の滑り dx の量を示す。以下に示すように、横方向の滑り dx の量は、曲面突出部 1 5 と平らな突出部 1 1 との間の接点での摩擦係数 μ 、軸 A X からワイヤ 1 5 0 までの距離 R 、曲面突出部 1 5 と平らな突出部 1 1 との間の摩擦力 $2T$ 、ヒンジ 1 2 2 の曲げ剛性 K 、及び、ヒンジ 1 2 2 において曲げモーメント $\theta * K$ を与え、ヒンジ 1 2 2 を θ 度又はラジアンだけ曲げるために、ワイヤ 1 5 0 が移動すべき長手方向の並進距離 D を考慮することによって定量化される。

30

【 0 0 4 0 】

ノードリング 1 0 において角度 θ の傾きを実現するために引っ張られるワイヤ 1 5 0 の長手方向の並進距離 D 又は長さは、基本的な三角法から導き出され、 $R * \theta$ （以下、「 $R\theta$ 」）であると決定できる。すなわち、 $R\theta$ は、遠位ノードリング 1 0 において角度 θ の傾きを実現するために引っ張られるワイヤ 1 5 0 の長さとして定義される。

【 0 0 4 1 】

dx は、ノードリング 1 0 が時計回りの方向又は反時計回りの方向のいずれかに θ の角度で傾くにつれて、曲面突出部 1 5 が平らな突出部 1 1 の上を滑る距離、又は、これらの 2 つの突出部の間の接点の横方向の移動である。従って、以下に示すように、遠位ノードリング 1 0 が傾いて、曲面突出部 1 5 が滑り、接点点が移動するにつれて、以下の式（2 a）及び（2 b）が定義される。

40

$$dx / \varepsilon = \theta \quad (2a)$$

$$dx / \theta = \varepsilon \quad (2b)$$

$dx / R\theta$ は、ピボットで比率である。[曲面突出部 1 5 と平らな突出部 1 1 との間の接点における必要な滑り] の [滑りのためのワイヤ引張距離 $R\theta$] に対する比である。

【 0 0 4 2 】

曲面突出部 1 5 の頂点と平らな突出部 1 1 との接点における摩擦係数 μ とし、平らな突出部 1 1 に平行に働く摩擦力は、ワイヤ 1 5 0 の引っ張り張力と逆の方向において、 $2T\mu$ である。

50

【 0 0 4 3 】

ヒンジ 1 2 2 を曲げるための有効モーメント（曲げモーメント） $K * \theta$ は、ワイヤ張力によって生じたモーメント - 摩擦力によって生じたモーメントと等しい。ワイヤ張力によって生じたモーメントのために、以下に示すように、ノードリング 1 0 における 2 つのワイヤ 1 5 0 のそれぞれによって与えられる張力を考慮しなければならない。

$$(T + dT) * R - (T - dT) * R, \quad \text{以下の式 (3) に簡略化される}$$

$$2 R * dT \quad (3)$$

一方、摩擦力によって生じたモーメントは、[接触点における摩擦] × [ピボット率] 倍 × [距離 D] であるワイヤ張力と逆の方向における有効力 (effective exerted force) を考慮することによって導き出すことができる。

10

【 0 0 4 4 】

曲面突出部 1 5 と平らな突出部 1 1 との間の接触点における摩擦力をピボットでこ率倍して乗算することによって、ワイヤ 1 5 0 において等しい張力を得ることができる。従って、ワイヤ張力引張力 (wire tension pull force) に対して変換された摩擦力は、以下の式 (4) によって定義される。

$$2 T \mu * dx / R \theta \quad (4)$$

有効摩擦力によって生じたネガティブなモーメントは、簡略化された式 (5) を与える、式 (4) によって乗算された R である。

$$2 T \mu * dx / \theta \quad (5)$$

従って、内側スプリングのヒンジ 1 2 2 を曲げるための有効モーメントは、式 (3) 及び式 (5) から得られ、式 (6) をもたらす。

20

$$2 dT * R - 2 T \mu * dx / \theta = K \theta \quad (6)$$

式 (2 a) 又は式 (2 b) を式 (6) に変換すると、その結果が式 (7) である。

$$2 (R dT - T \mu * \varepsilon) = \theta K \quad (7)$$

モーメント θK は、センタースプリング（内側本体部 1 2 0 ）のヒンジ 1 2 2 を曲げることが可能である 0 よりも大きくなければならないため、以下に示すように、式 (7) から、以下の第 1 の条件式 (9) が規定される。

$$R dT - T \mu * \varepsilon > 0 \quad (8 a) \quad \text{又は}$$

$$R dT > T \mu * \varepsilon \quad (8 b),$$

$$dT / T > \mu \varepsilon / R \quad (9)$$

30

$T - dT$ は、負の値ではないため、 dT / T は、1 よりも大きくない。従って、式 (9) は、式 (9 b) として書き換えられる。

$$1 > \mu \varepsilon / R \quad (9 b)$$

$$\varepsilon < R / \mu \quad (10)$$

特に、条件式 (10) は、ヒンジ 1 2 2 及び角度 θ を曲げるために満たすべき必要な条件である。条件式 (10) が満たされていない場合、シース 1 0 0 が曲がらない。具体的には、接触部分及びヒンジの中心の大きな変位がある場合、摩擦による抵抗に起因して、結合部は、曲げることができない。例えば、 $R = 1 \text{ mm}$ 、 $\mu = 0.5$ である場合、変位 ε は、2 mm よりも小さくなければならない。

40

【 0 0 4 5 】

上述した式 (1) 乃至式 (10) において、摩擦に起因するモーメントの損失だけではなく、ワイヤ 1 5 0 から提供された張力によって生じたモーメントの量が考慮された。これらの考慮によって、ここで開示されたシース 1 0 0 は、最小の適用力で最大の効率を得るために設計されている。

【 0 0 4 6 】

ここで使用されているように、効率 η は、出力モーメントの入力モーメントに対する比として定義される。従って、式 (3) 及び式 (5) から、効率 η は、式 (11) によって与えられる。

$$\eta = [2 R dT - T \mu \varepsilon] / [2 R dT]$$

$$\eta = 1 - T \mu \varepsilon / (R dT) \quad (11)$$

50

シース 100 の実用のために、最小の適用力で少なくとも 90 % の効率が必要であるとすると、以下の条件式 (16) が規定される。

$$1 - T \mu \varepsilon / (R d T) > 0.9 \quad (12)$$

以下と等価である

$$0.1 (T / d T) (\mu \varepsilon / R) \quad (13) \quad \text{又は}$$

$$R / (10 \mu) \varepsilon (T / d T) \quad (14)$$

また、 $T - d T$ は、負ではないため、 $T / d T$ の最小値は、1 であり、以下を示す。

$$T / d T \geq 1 \quad (15) \quad \text{及び}$$

$$R / (10 \mu) \varepsilon \quad (16)$$

条件式 (16) は、シース 100 の曲げにおける仕事効率のための基準系を提供する。具体的には、シース 100 が適用張力を曲げモーメントに効率的に変換するように、条件式 (16) が満たされなければならない。条件式 (16) を満たすことで、少なくとも 90 % の効率が保証される。

【0047】

上述の定義及び分析によって、条件式 (10) は、 θ ラジアンで遠位ノードリング 10 を傾けるために、 R / μ よりも小さい長手方向の変位 ε が要求されることを提供する。一方、条件式 (15) 及び条件式 (16) は、シース 100 の効率的な動作のための、内側スプリング (内側本体部 120) と外側本体部 110 のノードリング 10 との間の長手方向の変位を決定するための具体的な条件を提供する。

【0048】

例えば、軸 A X と約 1 ミリメートル (mm) のワイヤ 150 との間の距離 R 、及び、摩擦係数 $\mu = 0.3$ のため、オフセット変位 ε の上限は、以下のように算出される。

< 数値例 >

$$R = 1 \text{ mm}, m = 0.3,$$

$$(T / d T) = 1 \text{ の場合}, \varepsilon = 0.333 \text{ mm},$$

$$(T / d T) = 2 \text{ の場合}, \varepsilon = 0.167 \text{ mm},$$

$$(T / d T) = 5 \text{ の場合}, \varepsilon = 0.067 \text{ mm},$$

$$(T / d T) = 10 \text{ の場合}, \varepsilon = 0.033 \text{ mm},$$

上述のサンプル値は、小さな $(T / d T)$ が大きなオフセット変位 ε を許容することを示す。換言すれば、 T のつり合い張力のために、できるだけ小さいことがより望ましい。一方、制御されていない外力が与えられる場合には、外力に対抗するために、つり合い張力を大きな値に維持することが望ましい。

【0049】

小さい半径にシース 100 の全体構造を曲げるために、比率 $T / d T$ は小さい (例えば、2)。一方、大きい曲率半径にシース 100 の構造を僅かに曲げるために、比率 $T / d T$ は大きい (例えば、10)。様々な誤差要因及び外力のもとで機械構造の安定性を維持するために、 $(T / d T)$ は、2 以上であることが観察された。このように、 $\eta = 90\%$ の効率でシースの安定制御を維持するために、以下の条件式 (17) がより好ましい。

$$R / (20 \mu) \varepsilon \quad (17)$$

これは、曲面突出部 15 が平らな突出部 11 の上を滑る (回転する) 間、センタースプリングのヒンジ 122 は、ワイヤの方向に、大きい張力によって角度 θ を曲げることを意味する。曲面突出部 15 と平らな突出部 11 との間の接触部分における移動又は滑りの実際の量は、最小である。従って、アクチュエータ力は、非常に効率的にシース曲率に変換され、それは、曲げに与えられた力が最適化されることを意味している。但し、シース 100 の実用は、要求された効率のレベルに依存し、それは、式 (16) 及び式 (17) によって決定される。

【0050】

図 5 を参照するに、シース 100 の基本的な構造を形成するために、複数のノードリング 10 が内側本体部 120 (不図示) の周囲に連続して次々に配置されている例を示す。曲げを実現するために、第 1 のワイヤ 150 a 及び第 2 のワイヤ 150 b は、ロックビー

ズ 1 5 1 を介して、遠位ノードリング 1 0 の上に固定される。シース 1 0 0 の基本的な構造を第 1 の方向に曲げるために、第 1 のワイヤ 1 5 0 a は、図示しないアクチュエータによって、第 2 のワイヤ 1 5 0 b に与えられる力 F_2 よりも大きい力 F_1 (この場合) で引っ張られる。シース 1 0 0 の基本的な構造を第 1 の方向とは異なる第 2 の方向に曲げるために、第 2 のワイヤ 1 5 0 b は、図示しないアクチュエータによって、第 1 のワイヤ 1 5 0 a に与えられる力 F_1 よりも大きい力 F_2 で引っ張られる。シース 1 0 0 をその休止状態 (すなわち、曲がっていない位置) に戻すために、アクチュエータは、ワイヤ 1 5 0 a 及び 1 5 0 b を徐々に解放し、内側本体部 1 2 0 は、シース 1 0 0 の基本的な部分をその線形又は一直線の位置に戻すための弾性スプリングとして動作する。図 5 の図示は、可変半径で曲面形状を形成するために、2 つの方向のいずれにもシース 1 0 0 が曲げられる例を提供する。より具体的には、図 5 に描かれた例から十分に理解されるように、シース 1 0 0 の部分の長さは、所望の曲面形状を得るために必要なノードリング 1 0 の数によって決定され、第 1 のワイヤ 1 5 0 a (又は第 2 のワイヤ 1 5 0 b) に与えられる張力の量は、実現された曲率半径を決定する。

【0051】

図 6 及び図 7 を参照して、所定の曲げ角度シートに必要なノードリング 1 0 の数の算出例を説明する。具体的には、図 6 は、2 つの連続的なノードリング 1 0 の簡略版を示し、一方のリング 1 0 が他方に対して傾いている。図 6 において、第 1 のノードリング 1 0 の端部が隣接するノードリング 1 0 のエッジに接する場合に、角度シートの最大傾きが実現されるとすると、シートは、2 つの連続的なノードリング 1 0 でシース 1 0 0 が実現できる最大曲げである。2 つの連続的なノードリング 1 0 によって、最大曲げ角度シートは、以下に示すように、曲面突出部 1 5 の突出高さ d 、及び、突出接触部分から 2 つの連続的なノードリング 1 0 の間のエッジ接触点までの距離によって決定される。

$$\theta = d / R \quad (18)$$

図 6 に示すように、簡略化のために、式 (18) における R は、例えば、図 3 B 及び図 4 A に示すように、シース軸 $A-X$ から制御ワイヤ 1 5 0 の位置までの距離 R と実質的に等しいと考えられる。但し、最大曲げ角度シートは、弾性曲げ条件内の内側本体部 1 2 0 の曲げ可能なヒンジ 1 2 2 の最大許容曲げなどの他の条件からも決定される。最大曲げ角度シートは、内側本体部 1 2 0 のヒンジ 1 2 2 の剛性からも決定される。

【0052】

最大曲げ角度シートが規定されると、所定の曲率のための必要なノードの数 N は、基本的な幾何学から容易に決定される。例えば、90 度の曲がりのために必要なノードリングの数は、以下に示すように、式 (19) によって与えられる。

$$N = \pi / (2\theta) \quad (19)$$

図 7 を参照するに、ピッチ P で配置されたノードリング 1 0 の数 N を有するシース 1 0 0 のための最小曲率半径 C_r は、以下に示すように、式 (20) から決定されることがわかる。

$$C_r = 2N * P / \pi \quad (20)$$

条件式 (10)、条件式 (15) 及び条件式 (16) とともに、図 6 及び図 7 を参照する式 (18) 乃至式 (20) の解析及び計算は、多数の曲げ部分を備える複雑な多関節シースの機械構造を実施するために使用される。また、種々の長さ、及び、調整可能で、種々の曲げ半径の部分をも有するシースが実施される。

【0053】

ロボット作動内視鏡手術道具などの実用的なアプリケーションにおいて機械的なシース 1 0 0 の上述の概念を実施するために、1 つは、全体のシース又はその部分によって与えられた全体的な仕事に基づいて、エンドエフェクタの位置決め及び姿勢を考慮する。そのために、上述の概念、特に、数学的な式 (1) 乃至式 (17) は、曲げられている各部分に対して、例えば、順運動学マッピング (KFM) による区分法 (piece-wise manner) に適用される。ここで、このアプリケーションに関係する当業者は、KFM の概念に精通していると考えられる。そのため、簡単な説明だけが、KFM がここで

開示された機械的なシースの様々な実施形態に適用された一般化された方法として提供される。

【0054】

具体的には、所定の数 N のノードリングを有するシース部分の近位端におけるアクチュエータによって与えられた張力の運動学的効果を正確にマッピングするために、その結果である曲率及び曲げの方向は、ノードリング 1 ~ N のそれぞれに対して区分計算を適用することによって得ることができる。この場合、FKM は、2 つの連続的な n 番目のリングと $(n + 1)$ 番目のリングの各結合部での摩擦力を考慮することによって、ワイヤに与えられた張力を、シース部分の曲げパラメータに変換する。計算を簡略化するために、摩擦の一定の計数が仮定される。

10

【0055】

上述の式 (18) 乃至式 (20)、図 5、図 6 及び図 7 から、ある程度の曲率のために必要なノードの数 N は基本的な幾何学から容易に決定できることが示された。アクチュエータによってシースの遠位端に与えられた張力をガイドワイヤにマッピングするために、ノードの数及び曲げの曲率は、上述のセオリーから既知である。例えば、 n 個の連続的に結合されたノードリングの各セルについて線形変換行列 M を定義し、シースの m 個の部分について円弧パラメータでパラメータ化することによって、シースの近位端に与えられた張力は、遠位端の位置及び方位を算出するのに使用できる。例えば、図 7 の 3 つのセルで構成されるシースの 1 つの部分に対する FKM は、以下のように算出される。

$$M_{14} = M_{12} * M_{23} * M_{34} \quad (21)$$

20

式 (21) の左辺において、下付き文字の 1 は、近位端座標系を示し、上付き文字の 4 は、遠位端座標系を示す。式 (21) の右辺において、1 番目の用語は、ノードリング 1 とノードリング 2 との間の結合部の変換行列を表し、2 番目の用語は、ノードリング 2 とノードリング 3 との間の結合部の変換行列を表している。従って、式の左辺の結果、 M_{14} は、近位端の座標系 1 に基づいて、座標系 4 の線形変換行列を表している。

【0056】

図 8 は、少なくとも 2 つの連続的な曲げ部分に曲げられたシース 100 の例を示す。図 8 に示す例において、シース 100 は、遠位シース部分 100a (遠位部分 100a) と、近位シース部分 100b (近位部分 100b) とを含む。遠位部分 100a は、近位部分 100b と連続的に接続される。具体的には、近位部分 100b の遠位端は、遠位部分 100a の近位端に接続される。内側本体部 120 (不図示) は、2 つのシース部分 100a 及び 100b を通る 1 つの単一のエンティティであることが好ましい。遠位部分 100a は、ピース 151 によって遠位ノードリング 10 に固定された制御ワイヤ 150b を含む。ワイヤ 150b は、孔 14 を介して、遠位部分 100a の遠位ノードリング 10 から近位部分 100b の近位端まで延在する。制御ワイヤ 150b を引っ張ることは、図 5 に示すシース 100 の基本的な部分と同様な方法で、遠位部分 100a を第 1 の方向に曲げる。一方、制御ワイヤ 150a は、ピース 151 を介して、近位部分 100b の遠位ノードリング 10 に固定される。ワイヤ 150a は、近位部分 100b の遠位ノードリング 10 から近位部分 100b の近位端まで延在する。ワイヤ 150a を引っ張ることは、近位部分 100b を、遠位部分 100a の第 1 の方向とは異なる第 2 の方向に曲げる。このように、それぞれが異なる方向に曲がり、曲率半径を調整可能な少なくとも 2 つの部分

30

40

【0057】

図 8 を参照して説明したように、2 つのシース部分 100a 及び 100b のそれぞれが 1 つの制御ワイヤ 150 のみによって制御することができ、部分 100a 及び 100b のそれぞれが 1 対の制御ワイヤ 150 によって制御される場合には、曲げの更に正確で精密な制御が実現できる。

【0058】

より具体的には、図 9 は、各部分が 2 つの制御ワイヤ 150 で選択的に制御することができるように、図 8 のシース部分 100a 及び 100b における各ノードリング 10 が実

50

施される方法の例を示す。図 9 において、ノードリング 10 の平面図は、シース軸 A X の方向に示されている。この構成において、ノードリング 10 は、その一端に、曲面突出部 15 と、ノードリング 10 の円筒型の壁に沿って延在する 4 つの貫通孔 14 a、14 b、14 c 及び 14 d とを備えた平らな面 13 を含む。貫通孔 14 a 及び 14 d を通るワイヤ 150 は、遠位部分 100 a の制御のために使用され、貫通孔 14 b 及び 14 c を通るワイヤは、近位部分 100 b の制御のために使用される。また、貫通孔 14 a 及び 14 c におけるワイヤが遠位部分 100 a の制御に使用され、貫通孔 14 b 及び 14 d におけるワイヤが近位部分 100 b の制御に使用されてもよい。図 9 の平面図に示すように、貫通孔 14 a 乃至 14 d 及びそれらを通る制御ワイヤ 150 は、曲面突出部 15 の傾き軸（又は接触線）を除いたリング 10 の円筒型の壁のどこに配置してもよい。特に、シース 100 の内側スプリングを曲げるのに必要なモーメントに起因して、傾き軸からの更なる距離、より小さい張力が最小の曲げを実現するための制御ワイヤ 150 に必要であることに注意すべきである。

10

20

30

40

50

【0059】

当然のことながら、上述の説明に基づいて、当業者は、多数の基本的な部分 100 a 及び 100 b などと備えたシース 100 を実施してもよいことを理解するであろう。但し、そのためには、各シース部分の曲げが、好ましくは、個々の制御ワイヤ 150 によって制御されることが必要である。従って、 n 個のシース部分からなるシースは、少なくとも $n + 1$ 個の制御ワイヤを必要とする。その場合、各ワイヤは、各シース部分の異なる方向及び曲げの度（曲率）への曲げを制御する。但し、更に好ましくは、 n 個のシース部分からなるシース 100 は、より正確で効率的な曲げ制御のための $2 * n$ 個の制御ワイヤを必要とする。

【0060】

図 10 は、第 2 の実施形態におけるシース 200（多関節シース装置）を示す。多関節シース 200 は、内側本体部又はセンタースプリングの構造を除いて、第 1 の実施形態で説明したシース 100 と構造的に同様である。特に、図 10 において、シース 200 は、コイルスプリング 220 で形成された内側本体部を含む。第 1 の実施形態では、コイルスプリング 220 は、複数のノードリング 10 の内側に配置される。従って、ノードリング 10 は、コイルスプリング 220 の軸中心及び各ノードリング 10 の長手方向の軸と一致する連続的なノードリングが直線状の軸 A X に直交する接触面で互いに接触するように、センタースプリング 220 の周囲に配置される。

【0061】

図 10 に示す第 2 の実施形態の 1 つの実現において、コイルスプリング 220 は、滅菌されたゴム、プラスチック、鋼又は形状記憶合金（SMA s）の単一のコイルである。コイルスプリング 220 は、遠位端から全体のシース 200 の近位端まで延在していることが好ましい。この実現によって、コイルスプリング 220 は、連続的なノードリング 10 の特定の長手方向の位置に縦方向に整列させる必要がない。具体的には、図 11 A に示すように、ノードリング 10 は、コイルスプリング 220 の長さに沿って、いかなる位置に配置してもよい。このように、各ノードリング 10 の内側に配置されたコイルスプリング 220 の一部は曲げられないが、2 つの連続的なノードリング 10 の間に配置されたコイルスプリング 220 の部分は、図 11 B に示すように、平らな面 11 の上での曲面突出部 15 の回転（又は滑り）に起因して、容易に曲がる。この実施形態に対して、外側リングの接触線のための理想的な構成は、外側リングによってカバーされないコイル部分の中間点にある。どのようにこの構成を実現するかは、平らな突出部 11 の高さとは曲面突出部 15 の高さが同一であることである。

【0062】

実際には、更に効率的な曲がりを容易にするために、各ノードリング 10 は、図 12 に示すように、半球形状の突出部の形態で曲面突出部 15 を有するように変更されてもよい。これにより、曲面突出部 15 と平らな突出部 11 とが小さい面部分で（理想的には、1 つの点だけで）互いに接触するため、接触部分が接触点に縮小される。これは、ある結合

部の２つの連続的なノードリングの間の摩擦を低減し、シース１００の曲げを更に効率的にする。また、摩擦を更に低減し、効率を更に増加させるために、平らな突出部１１も曲面突出部で構成し、リング１０における半球形状の突出部が平らな面の代わりの曲面に接触するようにしてもよい。

【００６３】

接触部分のための他の選択肢は、半球形状の突出部に加えて、ナイフエッジ（ナイフ刃状）及びピンポイント（点状）突出部を含む。

【００６４】

図１３は、本発明の第３の実施形態における多関節シース３００の異なる実現を示す。図１３の実施形態において、シース３００の構造は、実質的に、第１の実施形態を参照して上述したシース１００の構造と同様である。但し、図１３において、センタースプリング３２０は、円筒型本体部リング３２５（円筒型ユニット）と、曲げ可能なヒンジとして動作するコイルスプリング３２６とで構成されている。このように、多関節シース３００は、位置復元部材として動作するセンタースプリング３２０を含む。センタースプリング３２０は、複数のノードリング１０のなかに入れられる。ノードリング１０は、接触部分において、互いに連続的に接触して配置される。シース３００をその配置した休止状態に維持するために、遠位端に取り付けられた制御ワイヤ１５０は、シース３００の近位端に配置されたアクチュエータ（不図示）によって操作される。ノードリング１０は、その一方の端面に、円筒型突出部１５を含み、他方の端に、平面又は平らな突出部１１を含む。円筒型突出部の接触線と平らな突出部１１との間の距離は、ノードリング１０のそれぞれの長さＬを規定する。センタースプリング３２０の各セグメント（円筒型ユニット＋ヒンジ）のピッチＰは、ノードリング１０の長さＬと等しい。

【００６５】

この実施形態において、ノードリング１０は、第１の実施形態で示して説明したのと同様な方法で、センタースプリング３２０と係合する。具体的には、円筒型本体部リング３２５（円筒型ユニット）は、コイルスプリング３２６によって、互いに連結される。シース３００が曲げられると、コイルスプリング３２６は、曲げ可能なヒンジとして動作する。すなわち、内側スプリング３２０は、各ノードリング１０の長さＬと等しいピッチＰで配置されたスプリング連結部分（ヒンジ）によって一緒に連結された複数の円筒型コイルユニットで構成される。これにより、各対の隣接する（連続的な）ノードリング１０における曲面突出部１５と平らな突出部１１との接触部分は、コイルスプリング３２６の曲げの各中心（点）として軸方向に同一の長手方向の位置に配置される。例えば、センタースプリング３２０は、ＳＭＡｓで構成されたコイルスプリングの円筒型ユニットによって結合されたゴムチューブ又はプラスチックチューブの結合要素で構成される。

【００６６】

図１４Ａは、図１３の横断面図Ａを示し、図１４Ｂは、図１３の横断面図Ｂを示す。図１４Ａ及び図１４Ｂの両方において、制御ワイヤ１５０は、ノードリング１０の孔１４を通る。斜めのハッチ部分は、ノードリング１０の内側に含まれるセンタースプリング３２０を示す。図１４Ｂに示す円筒型突出部１５は、図１４Ａに示す平面突出部１１と直接接触する。

【００６７】

図１５は、それらが全体としての１つの曲げ方向に限定されず、機械構造の曲げがいかなる方向でもよいように、ガイドワイヤが構成された別の実施形態を示す。ガイドワイヤリング２００１ａ及び２００１ｂは、同一の形状であるが、機械構造の縦の軸において、互いに９０度ねじれて配置される。図１５において、円筒型突出部は、２００３であり、接触する面は、２００２である。２００１ａの円筒型突出部は、図面の面に垂直な方向において、２００１ｂの面に対して接触線を有し、２００１ｂの円筒型突出部の接触線は、２００１ａの接触線に直交する。ガイドワイヤリングは、機械構造にわたって、９０度ねじれて交互に接続される。この実施形態のセンタースプリング２００４は、図８の実施形態におけるシンプルなコイルスプリング、又は、図５に示すような構造であってもよいし

、本体部リングは、コイルスプリングと接続される。ガイドワイヤ2007を引っ張ることによって、機械構造の曲率及び方向が制御される。センタースプリングは、図2に組み入れたようなヒンジであって、90度で交互に配置されたヒンジを備えた交互中空チューブであってもよい。

【0068】

図16A及び図16Bは、それぞれ、図15の断面A及びBに沿った横断面図を示す。ガイドワイヤリング2001は、4つのガイドワイヤ孔を通る4つのガイドワイヤ2007a乃至2007dを有する。それら2007a乃至2007bのうちの2つは、円筒型突出部2003における孔を通る。それらのうちの2つは、隣接するガイドワイヤリングの円筒型突出部と接触する平面部分2002を介して配置され、クロスハッチパターンで示される。センタースプリングは、斜めのハッチパターンによって、2004として示される。ガイドワイヤ2007a又は2007bを引っ張ることで、図15の面内で、機械構造が上又は下に曲がる。ガイドワイヤ2007c及び2007dを引っ張ることで、機械構造が図15の面の外又は中に曲がる。

10

【0069】

図17A及び図17Bは、図16A及び図16Bに示すそれらに対して、45度回転させて配置されたガイドワイヤを示す。図16A及び図16Bに示す構成は、所望の曲げ方向のための所望のワイヤを引っ張ることで機械構造のシンプルな制御を提供するが、接触線が短く、突出部が摩耗又は破損するため、ガイドワイヤ孔は、円筒型突出部及び接触面に配置される。図17A及び図17Bは、円筒型突出部から位相の不一致で配置されたガイドワイヤを示す。ワイヤ2007a及び2007bを引っ張ることで、機械構造が上に曲がり、ワイヤ2007c及び2007dを引っ張ることで、構造が下に曲がる。ワイヤ2007a及び2007c、或いは、ワイヤ2007b及び2007dを引っ張ることで、機械構造が左又は右に曲がる。

20

【0070】

図18は、位置復元部材の内側に位置するガイドワイヤリングを備えた追加の実施形態として、別の構成を示す。図18において、ガイドワイヤリング2001は、復元部材2004の内側に配置される。復元部材は、ヒンジ2008と接続された本体部リングからなる。ガイドワイヤリング2001は、一方の端に、円筒型突出部2003を有し、他方の側に、平面を有する。円筒型突出部は、隣接するガイドワイヤリングの平面と接触する。複数のガイドワイヤリングは、端のビーズによって、それらを通るガイドワイヤ2007と接続される。図25において、復元スプリングの中間部分は、ハッチパターンによって内側ガイドワイヤリングを示すために、隠されている。ガイドワイヤは、中間部分のための点線によって示される。

30

【0071】

図19は、図18の横断面図Aを示す。その円筒型突出部2003を備えるガイドワイヤリング2001は、ハッチパターンで示され、復元部材2004の内側に配置される。部分2004は、スプリングの円筒型本体部リング部分であり、2008は、本体部リング部分を曲げて接続するヒンジである。ガイドワイヤ2007は、ガイドワイヤリングの上部及び下部で示される。

40

【0072】

図20は、本発明のいずれかの実施形態の典型的な適用における内視鏡システム1000の実施形態を示す。内視鏡ユニットは、ファイバー束と、照明ファイバーと、照明源と、結像レンズと、撮像素子と、画像表示部とを含む。そのレンズを備える照明源及び撮像素子は、近位ユニットにある。近位ユニットの照明源からの照明光は、内視鏡ユニットに組み込まれた照明ファイバーによって送られる。ファイバー束の端に対象物を結像する結像レンズが遠位端にある。ファイバー束は、像をファイバーの近位端に転送し、別のレンズは、ファイバーの端を撮像素子に結像する。像は、画像表示のために送られる。多関節シースは、シースの近位端にシース制御ボックスを有し、制御PCに接続される。制御PCは、シース形状を制御するために、個々のワイヤを引っ張るために、信号をシース制御

50

に送る。図 20 には示さないが、内視鏡ユニットは、多くの場合、シース 100 の遠位端に手術補助器具（エンドエフェクタ）を送るための別のポート（チャンネル）を有する。エンドエフェクタの例は、クリッピングツール又はアブレーションツール、及び、その他の手術道具である。

【0073】

更に具体的には、内視鏡システム 1000 は、多関節シース 100 に挿入されるイメージング内視鏡を含む。アクチュエータ回路 1200 は、シース 100 の遠位端に取り付けられたエンドエフェクタを制御する複数のアクチュエータユニット M1 及び M2 を含む。内視鏡は、少なくとも照明ファイバー及び集光ファイバーを含むファイバー束 1300 を含む。撮像システム 1100 は、照明源 LS 1104 と、撮像素子 1102 と、光コリメートユニット 1106 とを含む。パーソナルコンピュータ PC 1010 は、内視鏡システム 1000 の各面を制御する制御及び処理ユニットとして機能する。例えば、制御 PC 1010 は、上述した内視鏡及びエンドエフェクタを制御するために、ネットワークリンク 1050 を介してアクチュエータ回路 1200 に接続する。また、制御 PC 1010 は、ネットワークリンク 1052 を介して撮像システム 1100 に接続され、撮像素子 1102 と同様に、照明源 LS 1104 を制御する。動作において、制御 PC 1010 は、照明ファイバー 1503 を介してシース 100 の遠位端に照明光を提供するために、照明源 LS 1104 を制御する。内視鏡システム 1000 の動作中、内視鏡医又は外科医は、患者の内部の所望の位置にエンドエフェクタを導入及び誘導するために、シース 100 を使用することができる。エンドエフェクタの制御及び誘導は、アクチュエータ回路 1200 を介して手動で行ってもよいし、制御 PC 1010 によって実行されるロボットアルゴリズムに基づいて自動的に行ってもよい。撮像ユニット 1500 は、対象シーンの像を形成するための集光レンズを含む。対象シーンの像は、ファイバー束 1300 を介して、シース 100 に送られる。撮像素子 1102 は、対象シーンの像を検出し、制御 PC は、検出された像を処理する。画像表示部 1020 は、撮像ユニット 1500 によって撮像された像を表示するだけでなく、シース 100 の遠位端に取り付けられたエンドエフェクタによって行われた動作を内視鏡医及び / 又は外科医に視覚的に通知する。

【0074】

< その他の実施形態及び変形 >

上で開示した実施形態において、様々な組み合わせ及び変形は、当業者にとって容易に明らかにされる。例えば、図 20 に示すように、内視鏡システム 1000 は、多関節シース 100 に挿入されるイメージング内視鏡を含む。図 20 において、アクチュエータ回路 1200 は、多関節シース 100 の近位端に直接接続され、撮像ユニット 1500 は、多関節シース 100 の遠位端に接続される。但し、多関節シースのアプリケーションは、この例に限定されない。

【0075】

図 21A、図 21B 及び図 21C を参照して、多関節シースに対する変形の幾つかの例が説明される。図 21A において、本発明の別の実施形態として、内視鏡システムがリジッドなチューブ状の部分 2110 を有することを仮定する。例えば、図 20 の内視鏡システム 1000 に適用される場合、チューブ状の部分 2110 は、検査中に対象の内側の特定の距離に到達するように、多関節シースの近位端に取り付けられる。チューブ状の部分 2110 の先端での多関節シースの制御は、ガイドワイヤ 150a 及び 150b を介して、アクチュエータ回路 1200 によって実行される。図 21A において、最近位ノードリング 10 は、一直線のチューブ状の部分 2110 を形成するように、その他のノードリング 10 のピッチよりも長く構成される。一直線のチューブ状の部分 2110 の典型的な長さは、特定のアプリケーションに対して約 20 cm であるが、所望の使用に依存して変化する。同様に、復元力部材である内側スプリング（図 21A において不図示）は、ヒンジを有しておらず、チューブ状の部分 2110 と同一の長さで曲がることができない。特に、チューブ状の部分 2110 は、その他のノードリング 10 に構成された同一の孔 14 を維持することができる。これにより、ガイドワイヤ 150a 及び 150b が引っ張られる

場合、一直線のチューブ状の部分 2 1 1 0 の先端での多関節シースの機械構造は、チューブ状の部分 2 1 1 0 を曲げることなく、制御される。図 2 1 A において、アクチュエータ回路 1 2 0 0 は、一直線のチューブ状の部分 2 1 1 0 の近位端に載置される。この場合、チューブ状の部分 2 1 1 0 は、アクチュエータ回路 1 2 0 0 のためのハウジングを提供するために、一定の体積で製造され、オペレーターが多関節シースを保持するためのハンドリンググリップとしても機能する。

【 0 0 7 6 】

図 2 1 B は、アクチュエータ回路 1 2 0 0 が多関節シースとチューブ状の部分 2 1 2 0 との間に配置されている多関節シースの更なる変形例を示す。図 2 1 B に示す配置において、アクチュエータ回路 2 1 0 0 は、好ましくは、低減されたサイズを有する。チューブ状の部分 2 1 2 0 は、ノードリング 1 0 の孔 1 4 と同様な孔を含む。これは、アクチュエータ回路 2 1 0 0 に電氣的接続 2 1 2 5 を供給することを可能にする。アプリケーションに依存して、図 2 1 A のチューブ状の部分 2 1 1 0 又は図 2 1 B のチューブ状の部分 2 1 2 0 は、一直線の構造に限定されず、操作を容易にするための予め設定された形状又は曲率を有することができる。

10

【 0 0 7 7 】

図 2 1 C は、ここで開示された多関節シースに対する別の変形を示す。図 2 1 C において、内視鏡システムが柔らかいフレキシブルなチューブ状の部分 2 1 3 0 を有することを仮定する。フレキシブルなチューブ状の部分 2 1 3 0 は、ワイヤ 1 5 0 a 及び 1 5 0 b を引っ張ってもフレキシブルな部分 2 1 3 0 の形状を変更しないが、一定のチャンネルに形状に適應させるためにフレキシブルであるように、十分な剛性を有するべきである。例えば、フレキシブルなチューブ状の部分 2 1 3 0 は、アクチュエータコントローラを必要とすることなく、その形状を胃腸 (G I) 管に適應させるために十分にフレキシブルであるが、同時に、それに向かうワイヤ 1 5 0 a 及び 1 5 0 b が多関節シースの形状において動作させるためのノードリング 1 0 で動作することができるよう、剛体であるべきである。そのために、柔らかいフレキシブルなチューブ状の部分 2 1 3 0 は、対象の形状に応じて自由に可動な状態で対象の内側の特定の距離に到達するように、多関節シースの近位端に取り付けられる。フレキシブルなチューブ状の部分 2 1 3 0 の先端での多関節シースの機械構造の制御は、アクチュエータ回路 1 2 0 0 によって実現される。図 2 1 C において、最近位リングは、フレキシブルなチューブ状の部分 2 1 3 0 に取り付けられる。同様に、復元力部材である内側リング (図 2 1 C において不図示) は、フレキシブルなチューブ状の部分 2 1 3 0 と同一の長さのためのフレキシブルな管に取り付けられる。

20

30

【 0 0 7 8 】

フレキシブルなチューブ状の部分 2 1 3 0 の長さは、所望のアプリケーションによって決定される。外側のフレキシブルなチューブ状の部分 2 1 3 0 は、好ましくは、ノードリング 1 0 と同一の孔 1 4 を有し、ガイドワイヤ 1 5 0 a 及び 1 5 0 b が引っ張られる場合、チューブ状の部分 2 1 3 0 の先端での機械構造が制御される。アクチュエータ回路 1 2 0 0 は、図 2 1 B に示す配置のように、フレキシブルなチューブ状の部分 2 1 3 0 の近位端に載置される。この場合、アクチュエータ回路 1 2 0 0 は、フレキシブルな部分を変更することなく、曲げを制御することができるよう、フレキシブルなチューブ状の部分 2 1 3 0 の遠位端及び多関節シースの近位端に載置される。外側の長いフレキシブルなチューブ状の部分は、アクチュエータ回路 1 2 0 0 に信号を送るための電気ケーブル (図 2 1 B における 2 1 2 5 を参照) を有する。

40

【 0 0 7 9 】

全ての実施形態の図面に示していないが、シース 1 0 0 の機械構造は、周囲の環境からの液体又は物体などの異物の進入を防止するために、また、患者の身体部分の繊細な器官又は組織と機械構造との接触を回避するために、ノードリング 1 0 の上に配置された滅菌されたカバー管又はカバーライニングを更にも含む。

【 0 0 8 0 】

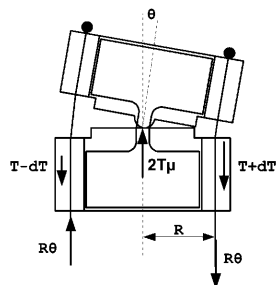
典型的な実施形態を参照して本発明を説明したが、本発明は、開示された典型的な実施

50

形態に限定されないと理解されるであろう。以下の請求項の範囲は、全てのそのような変形及び等価な構造及び機能を包含するように、最も広い解釈が認められるべきである。

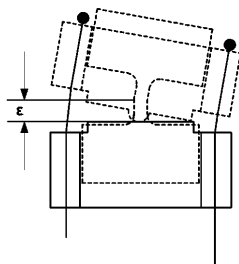
【図 4 A】

FIG. 4A



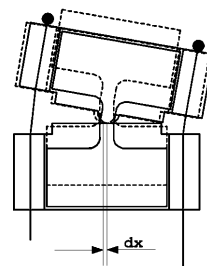
【図 4 B】

FIG. 4B



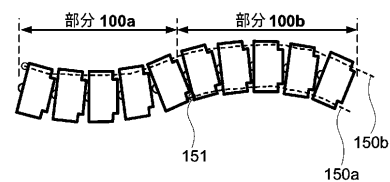
【図 4 C】

FIG. 4C



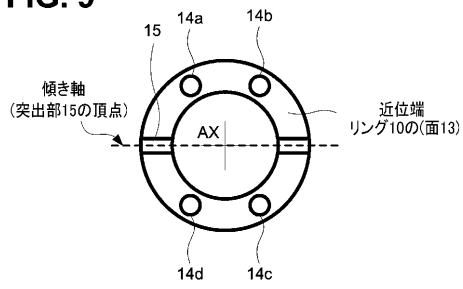
【図 8】

FIG. 8



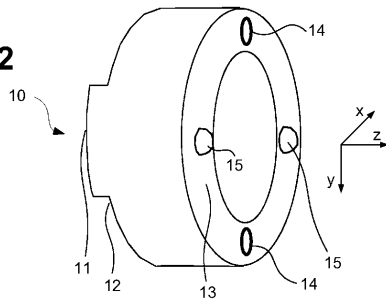
【図 9】

FIG. 9



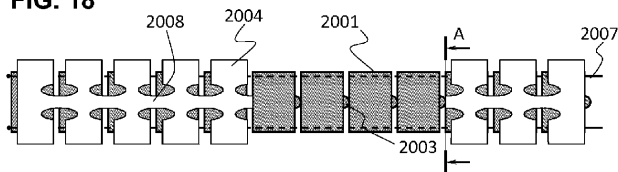
【図 12】

FIG. 12



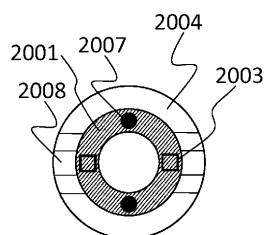
【図 18】

FIG. 18



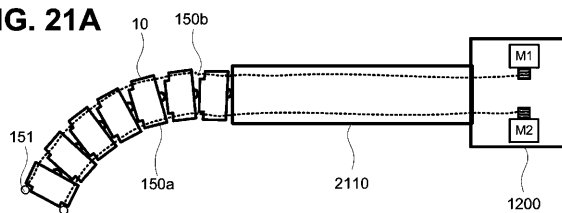
【図 19】

FIG. 19



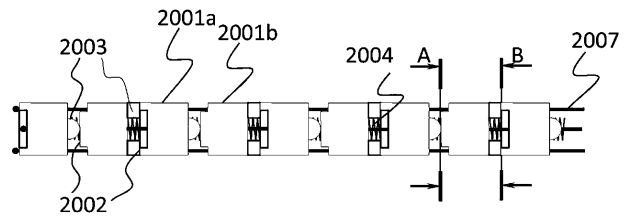
【図 21 A】

FIG. 21A



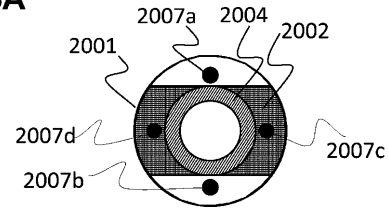
【図 15】

FIG. 15



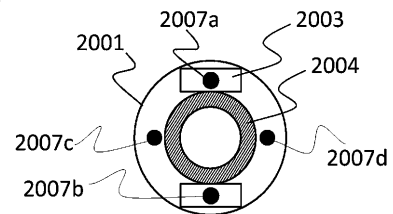
【図 16 A】

FIG. 16A



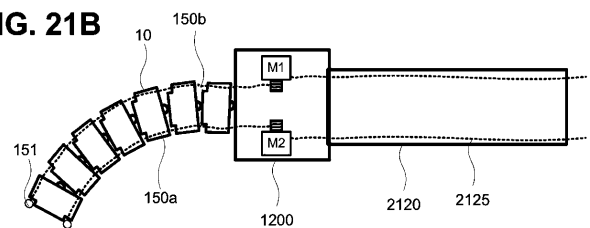
【図 16 B】

FIG. 16B



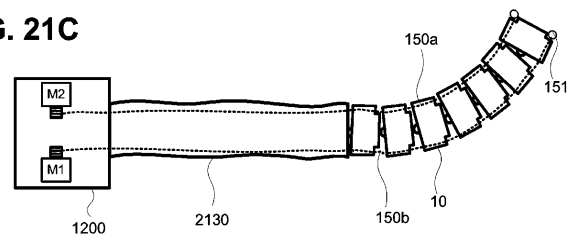
【図 21 B】

FIG. 21B

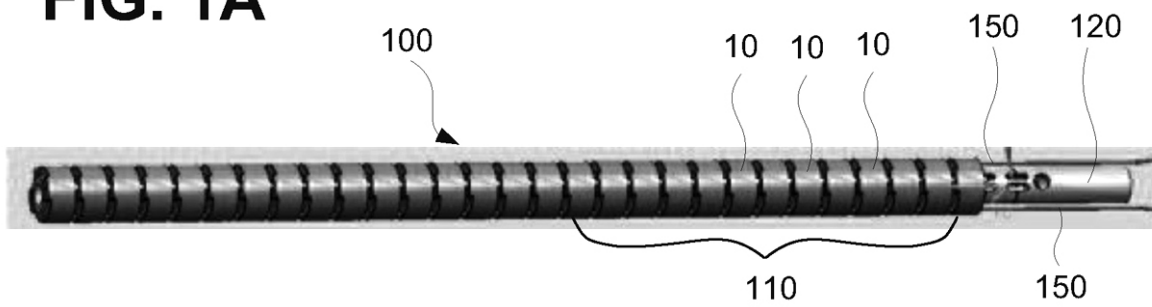


【図 21 C】

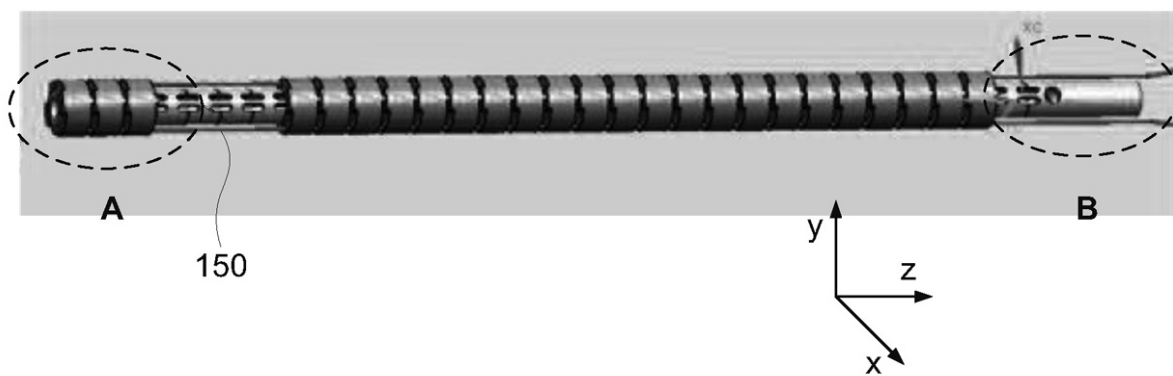
FIG. 21C



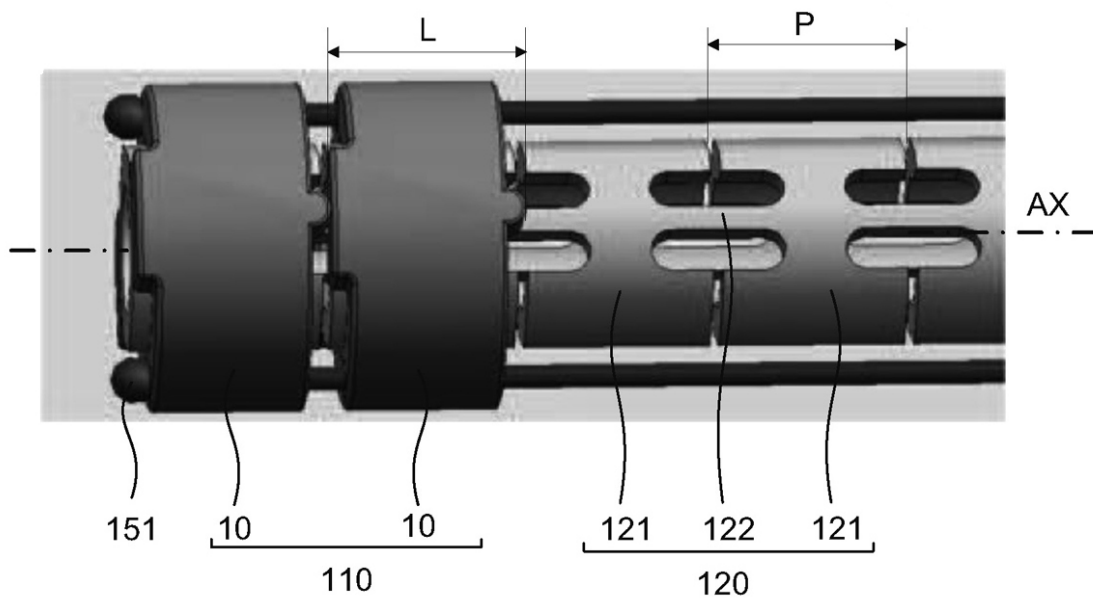
【図 1 A】

FIG. 1A

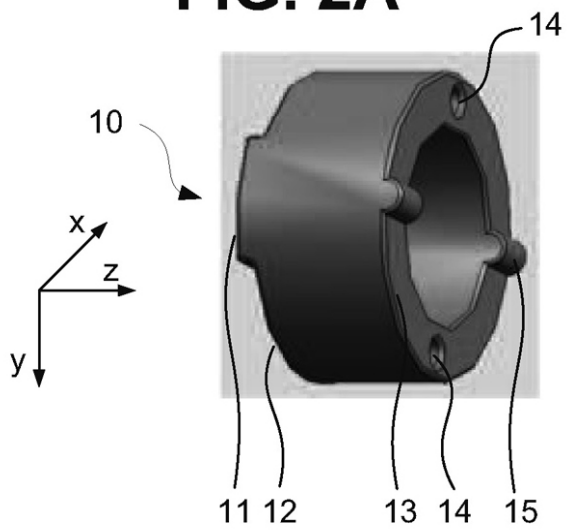
【図 1 B】

FIG. 1B

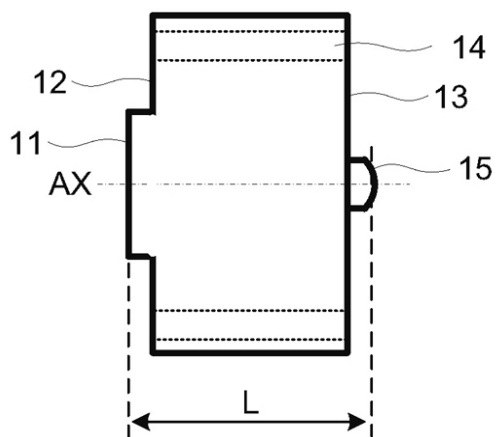
【図 1 C】

FIG. 1C

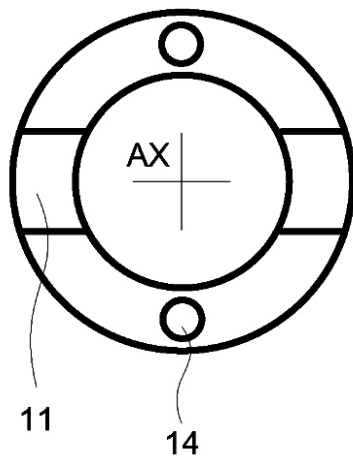
【図 2 A】

FIG. 2A

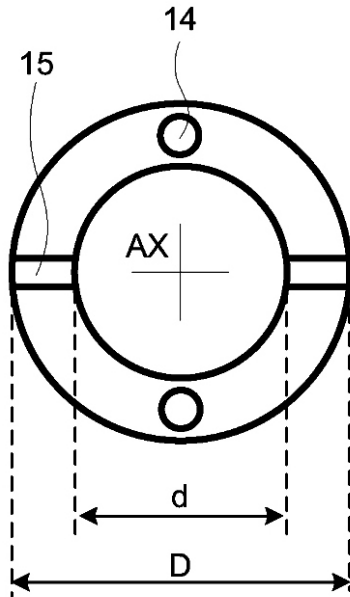
【図 2 B】

FIG. 2B

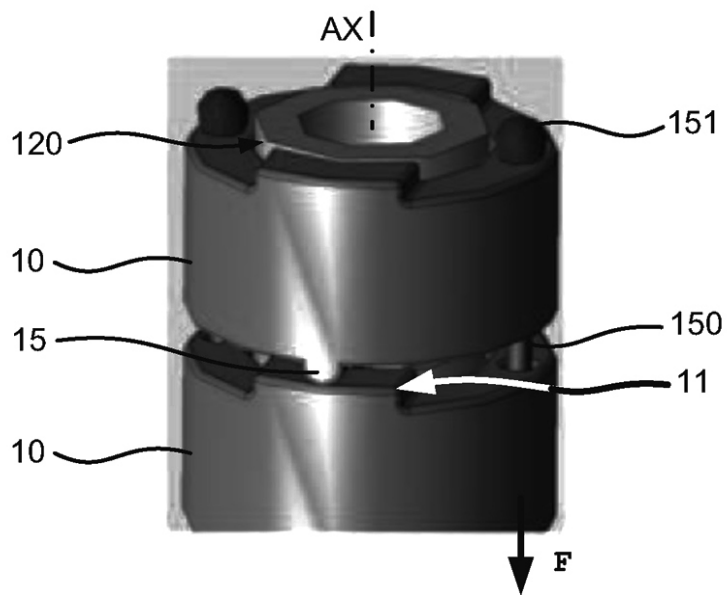
【図 2 C】

FIG. 2C遠位端
(面12)

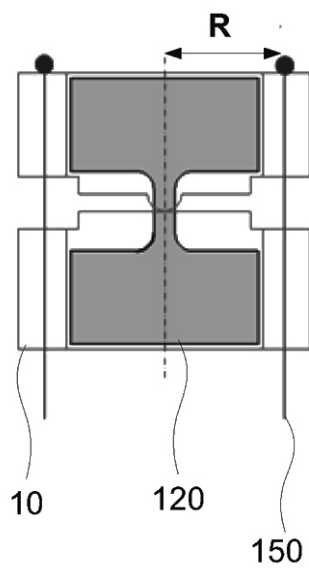
【図 2 D】

FIG. 2D遠位端
(面13)

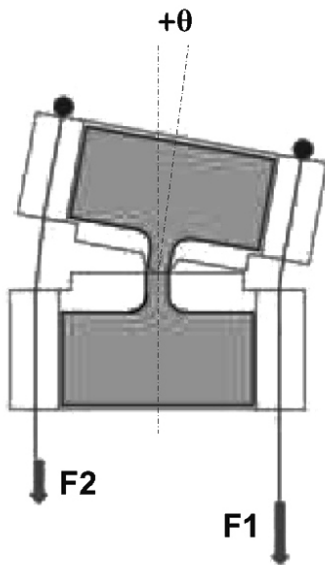
【図 3 A】

FIG. 3A

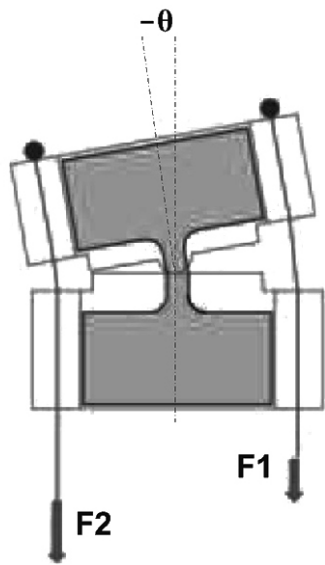
【図 3 B】

FIG. 3B

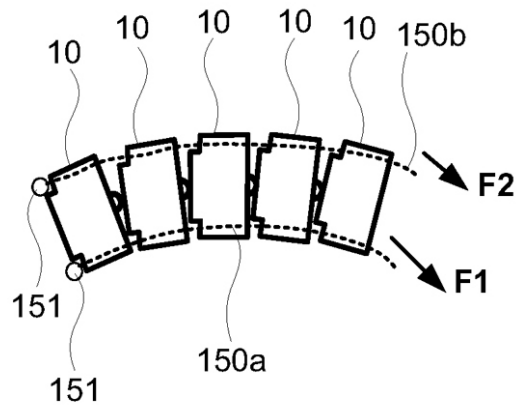
【図 3 C】

FIG. 3C

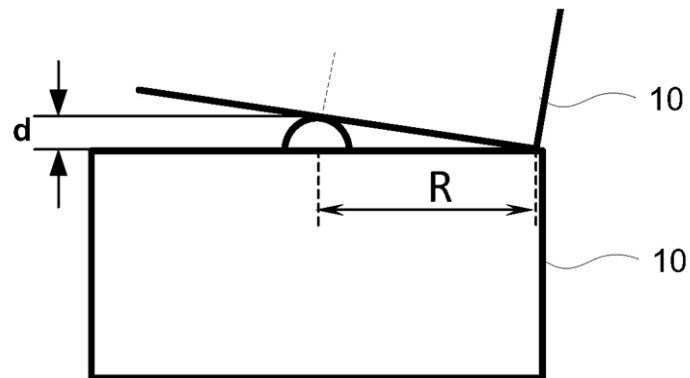
【図 3 D】

FIG. 3D

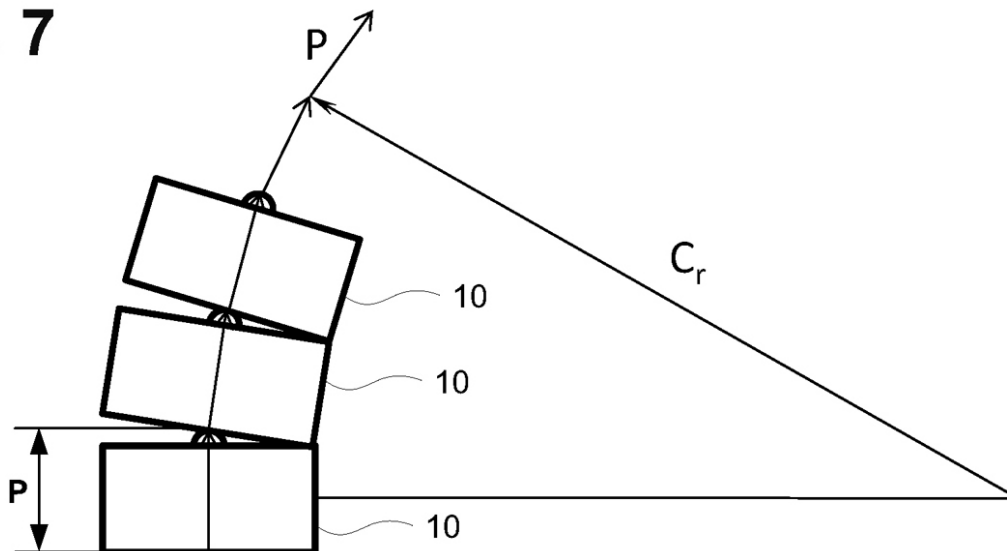
【 図 5 】

FIG. 5

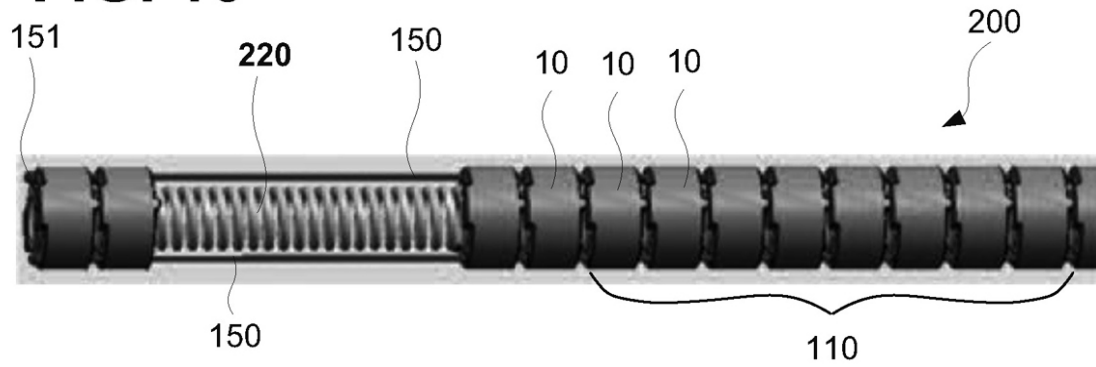
【 図 6 】

FIG. 6

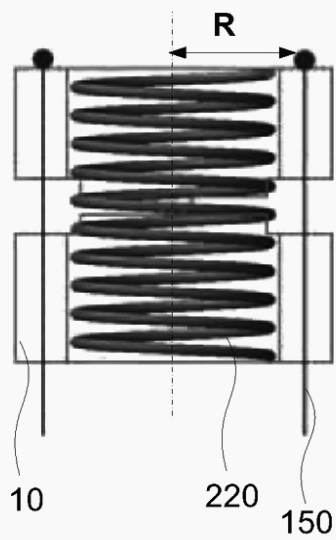
【 図 7 】

FIG. 7

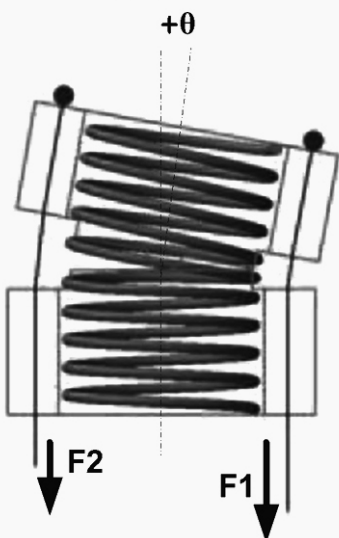
【図 10】

FIG. 10

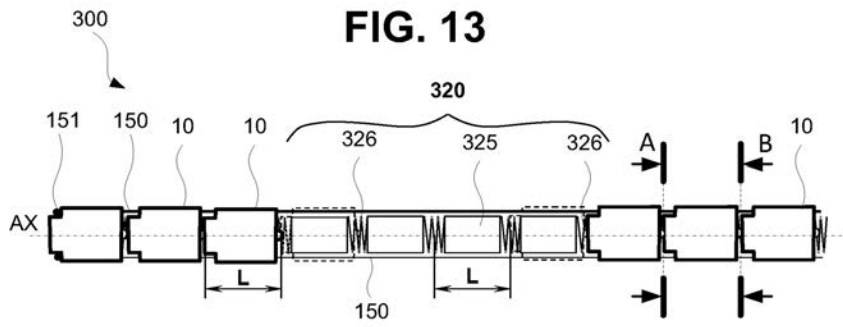
【図 11A】

FIG. 11A

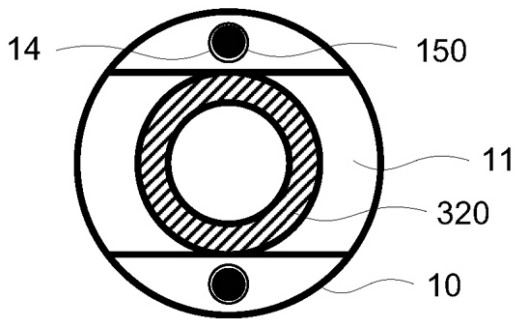
【図 11B】

FIG. 11B

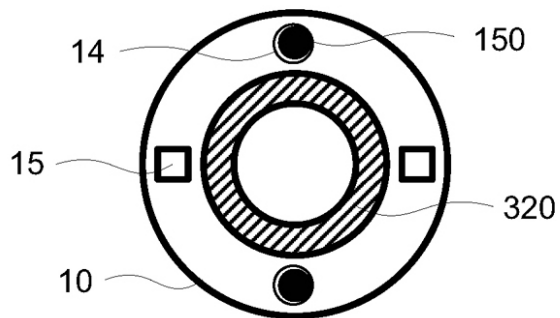
【図 13】



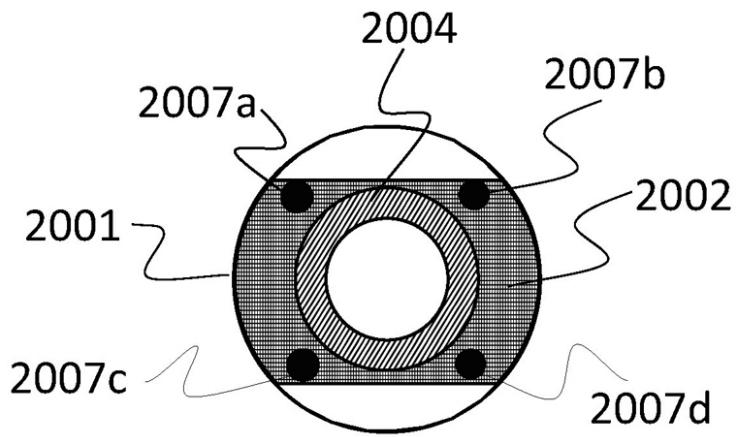
【図 14A】

FIG. 14A

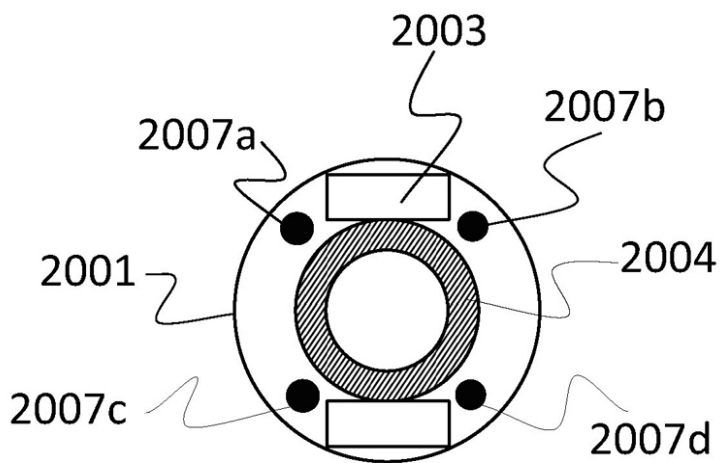
【図 14B】

FIG. 14B

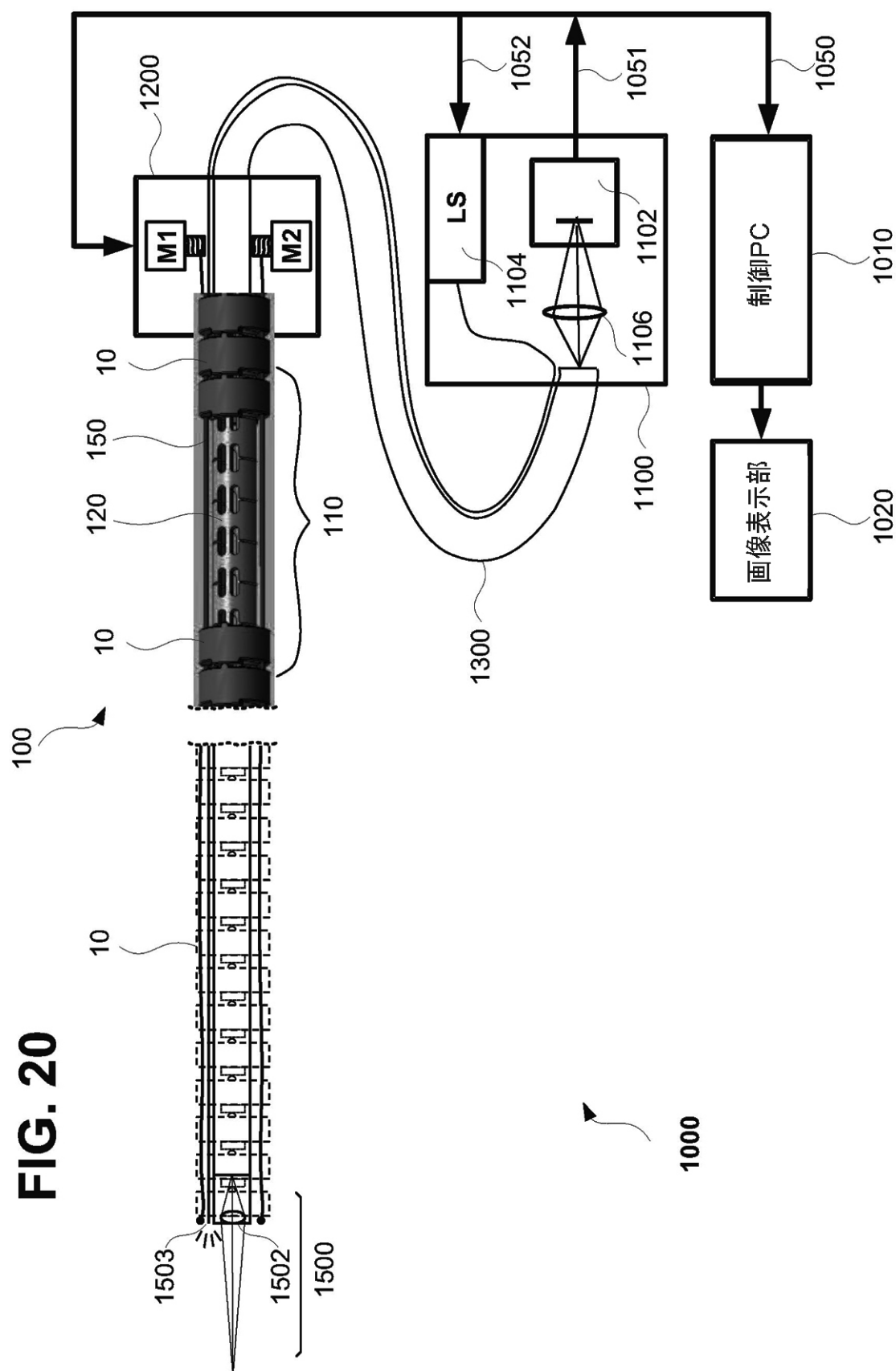
【図 17 A】

**FIG. 17A**

【図 17 B】

**FIG. 17B**

【 図 20 】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US14/19478

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(8) - A61B 1/005, 1/008, 1/01 (2014.01) USPC - 600/114, 146, 149 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) IPC(8) - A61B 1/005, 1/008, 1/01 (2014.01) USPC - 600/114, 146, 149 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) MicroPatent (US-G, US-A, EP-A, EP-B, WO, JP-bib, DE-C,B, DE-A, DE-T, DE-U, GB-A, FR-A); Google; Google Scholar; Google Patent; ProQuest; Medline/PubMed; Search terms used: Sheath*, Surgical*, Instrument*, Endoscop*, Node*, Segment*, Portion*, Division*, Section*, Articulat*, Manipulation*, Steer*, Maneuver*, Guid*4, "Push-pull", Employ*, Manag*, Operat*, Control*, Wire*, Restor*, Initial*		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2003/0045778 A1 (OHLIN, RM, et al.) March 06, 2003; abstract; figure 2, 6A-6E, 7A-7B; paragraphs [0010]-[0011], [0014], [0051], [0059], [0070]-[0071], [0073], [0077], [0079]; claim 1	1-3, 6-8, 12
A	US 2008/0281293 A1 (PEH, RF, et al.) November 13, 2008; entire document	1, 6, 12
A	US 2007/0219581 A1 (DOHI, T, et al.) September 20, 2007; entire document	1, 6, 12
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐		
* 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 05 May 2014 (05.05.2014)		Date of mailing of the international search report 19 MAY 2014
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. 571-273-3201		Authorized officer: Shane Thomas PCT Helpdesk: 571-272-4300 PCT OSP: 571-272-7774

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US14/19478

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☒ Claims Nos.: 4-5, 9-11, 13
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(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), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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

(74)代理人 100076428

弁理士 大塚 康德

(74)代理人 100115071

弁理士 大塚 康弘

(74)代理人 100112508

弁理士 高柳 司郎

(74)代理人 100116894

弁理士 木村 秀二

(74)代理人 100130409

弁理士 下山 治

(74)代理人 100134175

弁理士 永川 行光

(72)発明者 加藤 貴久

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 92618-3731, アーバイン, アルトン パークウェイ 15975 キヤノン ユーエスエイ, インコーポレイテッド内

(72)発明者 奥村 一郎

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 92618-3731, アーバイン, アルトン パークウェイ 15975 キヤノン ユーエスエイ, インコーポレイテッド内

(72)発明者 波多 伸彦

アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 02115 ボストン フランシス ストリート 75
ザ プリガム アンド ウィメンズ ホスピタル インコーポレイテッド内

F ターム(参考) 4C160 FF19 GG32 NN02 NN07 NN23

4C161 FF24 FF33 HH32 HH47

专利名称(译)	护套装置，关节式护套装置，内窥镜装置和关节式护套的机械结构		
公开(公告)号	JP2016509882A5	公开(公告)日	2017-03-30
申请号	JP2015560357	申请日	2014-02-28
[标]申请(专利权)人(译)	激光ブリガムアンドウィメンズホスピタルインコーポレイテッド 布赖汉姆妇女医院 佳能美国公司		
申请(专利权)人(译)	在布莱根妇女医院公司 佳能Yuesuei公司		
[标]发明人	加藤貴久 奥村一郎 波多伸彦		
发明人	加藤 貴久 奥村 一郎 波多 伸彦		
IPC分类号	A61B17/28 A61B17/32 A61B1/00		
CPC分类号	A61B1/0055 A61B1/0016 A61B1/0057 A61B1/008 A61B17/00234 A61B2017/00309 A61B2017/00314 A61B2017/00327 A61M25/0147		
FI分类号	A61B17/28.310 A61B17/32.330 A61B1/00.310.H A61B1/00.310.A		
F-TERM分类号	4C160/FF19 4C160/GG32 4C160/NN02 4C160/NN07 4C160/NN23 4C161/FF24 4C161/FF33 4C161/HH32 4C161/HH47		
代理人(译)	大冢康弘 下山 治 永川 行光		
优先权	61/770883 2013-02-28 US 13/834561 2013-03-15 US		
其他公开文献	JP2016509882A JP6491114B2		

摘要(译)

一种具有多个节点环的护套装置，该多个节点环可相对于彼此倾斜，每个节点环限定基本圆柱形的壁并穿透该圆柱形的壁。具有至少一个孔，多个节点环沿着线性轴彼此相邻地布置，使得连续的节点环在接触表面处彼此接触，并且护套装置被堆叠。穿过节点环的孔的操作线，以及将堆叠的节点环从倾斜位置恢复到原始位置的位置恢复部件，该位置恢复部件包括堆叠的节点。在环内部或外部布置的护套设备。