

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5851204号
(P5851204)

(45) 発行日 平成28年2月3日 (2016.2.3)

(24) 登録日 平成27年12月11日 (2015.12.11)

(51) Int.Cl.

F I

A 6 1 B 1/00 (2006.01)

A 6 1 B 1/00 3 0 0 D

G 0 2 B 23/24 (2006.01)

A 6 1 B 1/00 3 1 0 A

G 0 2 B 23/24 A

請求項の数 6 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2011-238539 (P2011-238539)	(73) 特許権者	000000376
(22) 出願日	平成23年10月31日 (2011.10.31)		オリンパス株式会社
(65) 公開番号	特開2013-94337 (P2013-94337A)		東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号
(43) 公開日	平成25年5月20日 (2013.5.20)	(74) 代理人	100108855
審査請求日	平成26年8月26日 (2014.8.26)		弁理士 蔵田 昌俊
		(74) 代理人	100159651
			弁理士 高倉 成男
		(74) 代理人	100091351
			弁理士 河野 哲
		(74) 代理人	100088683
			弁理士 中村 誠
		(74) 代理人	100109830
			弁理士 福原 淑弘
		(74) 代理人	100075672
			弁理士 峰 隆司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 管状挿入装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

所定部分に可撓部を有する管状挿入部と、
前記可撓部に分布して配置された複数の湾曲センサと、
前記複数の湾曲センサの検出情報の組み合わせ演算により、前記可撓部の湾曲量の分布を算出するとともに、その湾曲量の分布に基づき、少なくとも前記管状挿入部に加わる外力に関する外力情報を含む操作支援情報を抽出する操作支援情報演算手段と、
を具備することを特徴とする管状挿入装置。

【請求項 2】

前記操作支援情報演算手段は、前記管状挿入部に外力が印加されてない状態と外力が印加されている状態における前記複数の湾曲センサの検出情報の差異に基づく検出情報により、前記外力情報として外力の大きさおよび／または方向を抽出する演算を行なうことを特徴とする請求項 1 に記載の管状挿入装置。

【請求項 3】

前記操作支援情報演算手段は、前記管状挿入部に外力が印加されてない状態の前記複数の湾曲センサの検出情報を外力無印加時湾曲検出情報として記憶し、かつ該記憶した外力無印加時湾曲検出情報を参照して前記管状挿入部に印加する外力を推定する機能を有することを特徴とする請求項 2 に記載の管状挿入装置。

【請求項 4】

前記管状挿入部の前記可撓部は、挿入方向に沿って可撓性の異なる部位を有し、

前記複数の湾曲センサは、可撓性の高い部位には、可撓性の低い部位より密に配置されている、あるいは、湾曲センサの湾曲検出部が連続して配置されていることを特徴とする請求項 1 に記載の管状挿入装置。

【請求項 5】

前記操作支援情報演算手段は、前記操作支援情報として、前記外力情報に加えて、前記複数の湾曲センサの検出情報の組合せ演算により前記管状挿入部の形状に関する形状情報を演算することを特徴とする請求項 1 に記載の管状挿入装置。

【請求項 6】

所定部分に可撓部を有する管状挿入部と、

前記可撓部に配置された、前記可撓部全体の湾曲状態を検出する形状センサと、

前記管状挿入部に外力が印加されてない状態での前記形状センサの検出情報と現状の前記形状センサの検出情報との組み合わせ演算により、前記可撓部の湾曲量の分布を算出するとともに、その湾曲量の分布に基づき、少なくとも前記管状挿入部に加わる外力に関する外力情報を含む操作支援情報を抽出する操作支援情報演算手段と、

を具備することを特徴とする管状挿入装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、所定部分に可撓部を有する管状挿入部を備える管状挿入装置に関する。

【背景技術】

【0002】

可撓性を有する円筒チューブを管空に挿入する管状挿入装置において、その円筒チューブの形状を形状検出用の光ファイバを用いて検出する構成が知られている。例えば、特許文献 1 によると、円筒チューブの外周面に、湾曲検出部を所定間隔ずらして形状検出用の光ファイバが複数配置されており、それら光ファイバを円筒チューブの長手方向につなぎ合わせることで複数の湾曲検出点の湾曲量を合成することにより、円筒チューブ全体の形状が検出できることが示されている。

【0003】

また、円筒チューブを管空に挿入する管状挿入装置において、可撓性を有する円筒チューブに力センサを配置し、円筒チューブに加わる外力を検出する構成も知られている。例えば、特許文献 2 によると、円筒チューブの外周面に、複数の歪ゲージを配置して、円筒チューブの外周面に加わる外力を検出する構成が示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2001 - 169998 号公報

【特許文献 2】特開平 6 - 154153 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

円筒チューブを管空に挿入する場合、円筒チューブは、時々、管空の内壁に接触しながら挿入操作が行なわれる。このため、挿入する対象の管空が硬くて曲がりくねっている場合は、必要以上の力で挿入操作を行なうと、円筒チューブの先端が磨耗・破損する可能性がある。また、挿入する対象の管空が柔らかい場合は、必要以上の力で挿入操作を行なうと、管空にダメージを与える可能性がある。このようなことを回避するために、円筒チューブの挿入操作を行なう際に、円筒チューブに加わる外力を操作支援情報として知ることが望ましい。

【0006】

上述の特許文献 1 においては、オペレータは円筒チューブの操作支援情報として、チューブの形状を知ることができるが、チューブに加わる外力などの情報を知ることができな

10

20

30

40

50

い。これに対して、上述の特許文献2においては、チューブ加わる特定方向からの外力は検出することは可能であるが、チューブに対して様々な方向から外力が加わることを想定すれば、非常に多くの歪ゲージを貼り付ける必要があり、円筒チューブの外形が大きくなったり、多数の配線やセンサを取り付けることにより可撓性に支障が出たり、あるいは、膨大なセンサ用の配線が必要されるなどの問題がある。

【0007】

本発明は、上記の点に鑑みてなされたもので、可撓部を有する管状挿入部を管空に挿入するときに、管状挿入部の大きさや硬さに殆ど影響を与えることなく、あらゆる方向からの外力を操作支援情報として取得することが可能な管状挿入装置を提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の管状挿入装置の一態様は、
所定部分に可撓部を有する管状挿入部と、
前記可撓部に分布して配置された複数の湾曲センサと、
前記複数の湾曲センサの検出情報の組み合わせ演算により、前記可撓部の湾曲量の分布を算出するとともに、その湾曲量の分布に基づき、少なくとも前記管状挿入部に加わる外力に関する外力情報を含む操作支援情報を抽出する操作支援情報演算手段と、
を具備することを特徴とする。

20

また、本発明の管状挿入装置の更に別の態様は、
所定部分に可撓部を有する管状挿入部と、
前記可撓部に配置された、前記可撓部全体の湾曲状態を検出する形状センサと、
前記管状挿入部に外力が印加されてない状態での前記形状センサの検出情報と現状の前記形状センサの検出情報との組み合わせ演算により、前記可撓部の湾曲量の分布を算出するとともに、その湾曲量の分布に基づき、少なくとも前記管状挿入部に加わる外力に関する外力情報を含む操作支援情報を抽出する操作支援情報演算手段と、
を具備することを特徴とする。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、可撓部を有する管状挿入部を管空に挿入するときに、管状挿入部の大きさや硬さに殆ど影響を与えることなく、あらゆる方向からの外力を操作支援情報として取得することが可能な管状挿入装置を提供することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】図1は、本発明の第1実施形態に係る管状挿入装置における外力検出の原理を説明するための図である。

【図2】図2は、第1実施形態に係る管状挿入装置における操作支援情報演算部の構成を示す図である。

【図3】図3は、操作支援情報演算部の前処理動作の動作手順を説明するためのフローチャートを示す図である。

40

【図4】図4は、操作支援情報演算部の通常動作の動作手順を説明するためのフローチャートを示す図である。

【図5】図5は、外力の推定方法の他の例を説明するための図である。

【図6】図6は、湾曲検出部を有する湾曲センサの構成例を示す図である。

【図7】図7は、本発明の第2実施形態に係る管状挿入装置における外力検出の原理を説明するための図である。

【図8】図8は、第2実施形態に係る管状挿入装置における操作支援情報演算部の構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

50

以下、本発明を実施するための形態を図面を参照して説明する。

【第1実施形態】

まず、本発明の第1実施形態に係る管状挿入装置における外力検出の原理を、図1(a)乃至図1(h)を参照して説明する。

【0012】

ここでは、管状挿入部1が、例えば内視鏡のように、長手方向に対して順に、先端から先端硬質部2、可撓性を有する湾曲部3、準硬質部4により構成される場合について説明する。管状挿入部1は、オペレータにより、図示していない管空に挿入される。可撓性を有する可撓部である湾曲部3には、湾曲検出手段5としての複数の湾曲センサの湾曲検出部5-1, 5-2, 5-3, 5-4が長手方向に所定の間隔で分布して配置されている。また、湾曲検出手段5として、湾曲部3の可撓部全体の湾曲状態を検出する形状センサが配置されていても良い。

10

【0013】

図1(a)は、管状挿入部1に外力が印加されてなく、また、湾曲部3が真っ直ぐな場合を示している。この図1(a)に示す状態を初期状態として、図1(b)は、図の斜め左上から管状挿入部1の先端に外力が印加した状態、図1(c)は、図の左正面から管状挿入部1の先端に外力が印加した状態、図1(d)は、図の斜め左下から管状挿入部1先端に外力が印加した状態、における管状挿入部1の各々の様子を示している。

【0014】

一般的に、湾曲の分布状態は、湾曲部3の可撓性の分布と外力によって様々に変化するが、湾曲部3の可撓性の分布が分かっているならば、1)外力の大きさと2)外力の向き、および外力がないときの湾曲形状で決まる。ここでは、簡単のために、湾曲部3の可撓性の分布が均一な場合について議論する。この前提では、図1(b)の場合は、先端部に近い湾曲検出部5-1の湾曲量(角度で考えても、曲率で考えても良い)が大きくなる。図1(c)の場合は、湾曲部3の中央付近の湾曲検出部5-2, 5-3の湾曲量が大きくなり、湾曲部3は尺取虫状の形状になる。なお、複数の湾曲センサの代わりに形状センサを配置する場合でも、中央付近の湾曲量が大きくなり、尺取虫状の形状になるのは同じである。図1(d)の場合では、湾曲部3の中央付近の湾曲検出部5-1の湾曲量が図1(b)の場合と反対方向に大きくなる。

20

【0015】

同様に、管状挿入部1に外力が印加されない状態で、湾曲部3が最初から曲がっている場合を図1(e)に、この状態で更に外力が印加された状態を図1(f)乃至図1(h)に、それぞれ示す。詳細は省略するが、前述の場合と同様に外力の大きさと方向に依存して湾曲検出部5-1, 5-2, 5-3, 5-4に特有の湾曲差が生じる。なお、形状センサを使用する場合も、長手方向に対して特有の湾曲差が生じることは同じである。

30

【0016】

従って、外力が加わっていない時と比較して、複数の湾曲センサの湾曲検出部5-1, 5-2, 5-3, 5-4の曲率の分布(向きも含む)を検出すれば、管状挿入部1の先端に加わる外力の大きさと向きを検出することができる(なお、外力が印加されるのは管状挿入部1の先端に限定したものではない)。なお、形状センサを使用する場合も、外力が加わっている時とない時の形状差により、外力の向きと大きさを検出できることは同じである。

40

【0017】

次に、具体的に外力を検出する信号処理アルゴリズムの一例を説明する(なお、本発明は、以下のアルゴリズムの例に限定されるものではない)。

【0018】

本実施形態に係る管状挿入装置は、図2に示すような構成の操作支援情報演算部100を備えている。該操作支援情報演算部100は、各部湾曲演算部101、トータル湾曲演算部102、外力無印加時湾曲データ格納部103、湾曲参照テーブル生成部104、外力印加時差分湾曲データ格納部105、差分参照テーブル生成部106、差分湾曲データ

50

演算部 107、外力演算部 108、および形状演算部 109 となる複合湾曲情報演算部 110 を有している。

【0019】

各部湾曲演算部 101 の入力は、各湾曲検出部 5-1, 5-2, 5-3, 5-4 を備える各湾曲センサに接続され、出力はトータル湾曲演算部 102、外力無印加時湾曲データ格納部 103、差分湾曲データ演算部 107、および形状演算部 109 に接続されている。トータル湾曲演算部 102 の出力は、外力無印加時湾曲データ格納部 103、湾曲参照テーブル生成部 104、外力印加時差分湾曲データ格納部 105、および差分参照テーブル生成部 106 に接続されている。外力無印加時湾曲データ格納部 103 の出力は、湾曲参照テーブル生成部 104 および外力印加時差分湾曲データ格納部 105 に接続されている。湾曲参照テーブル生成部 104 の出力は、差分湾曲データ演算部 107 に接続されている。外力印加時差分湾曲データ格納部 105 の出力は、差分参照テーブル生成部 106 に接続されている。差分参照テーブル生成部 106 の出力は、外力演算部 108 に送座くされている。外力演算部 108 の出力は、外部情報として、操作支援情報演算部 100 の外部に出力される。形状演算部 109 の出力は、形状情報として、操作支援情報演算部 100 の外部に出力される。

10

【0020】

以下、各部の動作を、図 3 および図 4 に示すフローチャートを参照して説明する。

まず、外力無印加時湾曲データ格納部 103 および外力印加時差分湾曲データ格納部 105 にデータを格納する前処理動作について説明する。

20

【0021】

即ち、前処理動作においては、図 3 (a) に示すように、まず、外力のない状態で（手法は限定しない）管状挿入部 1 のトータル湾曲角毎に、各湾曲検出部 5-1, 5-2, 5-3, 5-4 における曲率を求めて、外力無印加時湾曲データ格納部 103 に記憶させる外力無印加時湾曲データ格納処理を実施する（ステップ S11）。そしてその後、想定されるあらゆる方向から管状挿入部 1 の先端（ここに限定されない）に所定の外力 F_0 を加えて、各湾曲検出部 5-1, 5-2, 5-3, 5-4 における曲率を測定し、さらに、外力無印時の曲率データとの差分をとって、外力印加時差分湾曲データ格納部 105 に記録する外力印加時差分湾曲データ格納処理を実施する（ステップ S12）。

【0022】

30

上記ステップ S11 で実施される外力無印加時湾曲データ格納処理は、図 3 (b) に示すように、まず、外力のない状態で、各部湾曲演算部 101 により、各湾曲検出部 5-1, 5-2, 5-3, 5-4 を備える各湾曲センサから出力された検出信号から、各湾曲検出部の曲率 R_1, R_2, R_3, R_4 を算出する各部湾曲演算を実施する（ステップ S11A）。次に、トータル湾曲演算部 102 により、これら各部の曲率 R_1, R_2, R_3, R_4 と各湾曲検出部の配置間隔とに基づいて、幾何学的に管状挿入部 1 のトータルの湾曲角 θ （換算した曲率でも良い）を求めるトータル湾曲演算を実施する（ステップ S11B）。なお、このトータルの湾曲角 θ は、図 1 (e) 中に θ として示すようなものである。そして、こうして求められたトータル湾曲角 θ に対応させて、上記算出された湾曲検出部 5-1, 5-2, 5-3, 5-4 における曲率 R_1, R_2, R_3, R_4 が曲率データ R_{ik} （ i ：検出ポイント番号、 k ：トータル湾曲の程度に対応する番号）として外力無印加時湾曲データ格納部 103 に記憶される（ステップ S11C）。その後、該外力無印加時湾曲データ格納処理の終了が判定され（ステップ S11D）、未だ終了しないのであれば上記ステップ S11A に戻って、次のトータル湾曲角に対する動作が繰り返される。

40

【0023】

なお、このステップ S11D の終了判定は、図示しない入力部によるオペレータの終了操作の有無により判定するものであっても良いし、予め規定されたデータ個数や角度についての動作が済んだか否かを判断することで自動的に判定するものであっても構わない。また、上記ステップ S11A の各部湾曲演算についても、図示しない入力部によるオペレ

50

ータの演算開始操作に応じて実施するものであっても良いし、何らかの手法によって管状挿入部 1 のトータル湾曲角の変更を実施可能な予め規定された時間間隔毎に実施するものであっても構わない。

【 0 0 2 4 】

図 2 は、何らかの手法によって管状挿入部 1 の外力無印加時のトータル湾曲角 θ_0 を 0 度、10 度、20 度、・・・と設定し、トータル湾曲角 θ_0 毎に算出した湾曲検出部 5 - 1、5 - 2、5 - 3、5 - 4 の曲率 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 を曲率データ R_{ik} として記憶させた例を示している。即ち、トータル湾曲角 θ_0 が 0 度するとき、算出された曲率 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 を曲率データ R_{10} 、 R_{20} 、 R_{30} 、 R_{40} として記憶させ、トータル湾曲角 θ_0 が 10 度するとき、算出された曲率 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 を曲率データ R_{11} 、 R_{21} 、 R_{31} 、 R_{41} として記憶させ、トータル湾曲角 θ_0 が 20 度するとき、算出された曲率 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 を曲率データ R_{12} 、 R_{22} 、 R_{32} 、 R_{42} として記憶させている。

【 0 0 2 5 】

また、上記ステップ S 1 2 で実施される外力印加時差分湾曲データ格納処理は、図 3 (c) に示すように、まず、管状挿入部 1 の先端（ここに限定されない）に所定方向の外力 F_0 を加えた状態で、各部湾曲演算部 1 0 1 により、各湾曲検出部 5 - 1、5 - 2、5 - 3、5 - 4 を備える各湾曲センサから出力された検出信号から、各湾曲検出部の曲率 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 を算出する各部湾曲演算を実施する（ステップ S 1 2 A）。次に、トータル湾曲演算部 1 0 2 により、これら各部の曲率 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 と各湾曲検出部の配置間隔とに基づいて、幾何学的に管状挿入部 1 のトータルの湾曲角（換算した曲率でも良い）を求めるトータル湾曲演算を実施する（ステップ S 1 2 B）。なお、このトータルの湾曲角 θ は、図 1 (f) 中に θ として示すようなものである。そしてさらに、外力無印時の曲率データ R_{ik} との差分をとることで、差分湾曲データ R_{ijk} (i : 検出ポイント番号、 j : 外力方向番号、 k : トータル湾曲の程度に対応する番号) を演算する（ステップ S 1 2 C）。そして、この演算した差分湾曲データ R_{ijk} が、上記求められたトータル湾曲角 θ に対応させて、外力印加時差分湾曲データ格納部 1 0 5 に記録される（ステップ S 1 2 D）。その後、該外力印加時差分湾曲データ格納処理の終了が判定され（ステップ S 1 2 E）、未だ終了しないのであれば上記ステップ S 1 2 A に戻って、次のトータル湾曲角、または、外力 F_0 を加える方向に対する動作が繰り返される。

【 0 0 2 6 】

なお、このステップ S 1 2 E の終了判定は、図示しない入力部によるオペレータの終了操作の有無により判定するものであっても良いし、予め規定されたデータ個数や角度、外力についての動作が済んだか否かを判断することで自動的に判定するものであっても構わない。また、上記ステップ S 1 2 A の各部湾曲演算についても、図示しない入力部によるオペレータの演算開始操作に応じて実施するものであっても良いし、何らかの手法によって管状挿入部 1 のトータル湾曲角、または、外力 F_0 を加える方向の変更を実施可能な予め規定された時間間隔毎に実施するものであっても構わない。

【 0 0 2 7 】

図 2 は、管状挿入部 1 の外力無印加時のトータル湾曲角 θ_0 を 0 度、10 度、20 度、・・・と設定し、トータル湾曲角 θ_0 毎に管状挿入部 1 の先端（ここに限定されない）に方向を変えた外力 F_0 を印加した際の差分湾曲データ R_{ijk} を記憶させた例を示している。即ち、トータル湾曲角 θ_0 が 0 度するとき、方向 1 の外力 F_0 を印加した際は差分湾曲データ R_{110} 、 R_{210} 、 R_{310} 、 R_{410} として、方向 2 の外力 F_0 を印加した際は差分湾曲データ R_{120} 、 R_{220} 、 R_{320} 、 R_{420} として記憶させ、トータル湾曲角 θ_0 が 10 度するとき、方向 1 の外力 F_0 を印加した際は差分湾曲データ R_{111} 、 R_{211} 、 R_{311} 、 R_{411} として、方向 2 の外力 F_0 を印加した際は差分湾曲データ R_{121} 、 R_{221} 、 R_{321} 、 R_{421} として記憶させ、トータル湾曲角 θ_0 が 20 度するとき、方向 1 の外力 F_0 を印加した際は差分湾曲データ R_{112} 、 R_{212} 、 R_{312} 、 R_{412} として、方向 2 の外力 F_0 を印加した際は差

10

20

30

40

50

分湾曲データ R_{122} , R_{222} , R_{322} , R_{422} として記憶させている。
【0028】

なお、ここでは、説明の簡単化のために、トータル湾曲角毎に、また、外力 F_o を加える方向毎に、差分湾曲データ R_{ijk} を求めて記憶させておくものとしたが、実際には、外力の大きさ毎に、あるいは外力 F_o の方向及び大きさの組み合わせ毎に、差分湾曲データ R_{ijk} を求めて記憶させることが望ましい。

【0029】

以上説明したような前処理動作は、少なくとも、ユーザが当該管状挿入装置を実際に使用開始する前の段階、例えば工場での製造時或いは出荷前の検査時等を実施して、外力無印加時湾曲データ格納部103および外力印加時差分湾曲データ格納部105にデータを格納しておくこと望ましい。ただし、当該管状挿入装置の使用による各部の変質があるので、それらのデータは、或るタイミングで更新することが必要となる。そのようなタイミングとしては、例えば、当該管状挿入装置の電源オン毎や、所定回数の電源オン毎、所定の定期メンテナンス時、等が考えられる。

【0030】

次に、ユーザによる当該管状挿入装置の使用時の通常動作について説明する。今、ユーザであるオペレータが管状挿入部1を操作して、管空に挿入することを想定する。

【0031】

図4に示すように、まず、前述した前処理動作を実施する必要の有無が確認される(ステップS111)。これは、例えば、外力無印加時湾曲データ格納部103および外力印加時差分湾曲データ格納部105にデータが格納されているか否か、格納されていたとしても前述の或るタイミングとなったか否か、により判別されるものである。また、この確認の結果は、オペレータが図示しない入力部によって入力するものであっても良いし、操作支援情報演算部100内の各部の動作制御を実施する図示しない制御部等によって自動的に取得されるものであっても構わない。前処理動作を実施する必要があれば、前述したような前処理動作を実施する(ステップS112)。

【0032】

前処理動作を実施する必要が無ければ、あるいは、前処理動作を実施した後、各部湾曲演算部101により、各湾曲検出部5-1, 5-2, 5-3, 5-4を備える各湾曲センサから出力された検出信号から、各湾曲検出部の曲率 R_1 , R_2 , R_3 , R_4 を算出する各部湾曲演算を実施する(ステップS113)。次に、トータル湾曲演算部102により、これら各部の曲率 R_1 , R_2 , R_3 , R_4 と各湾曲検出部の配置間隔とに基づいて、幾何学的に管状挿入部1の現在のトータルの湾曲角を求めるトータル湾曲演算を実施する(ステップS114)。そして、湾曲参照テーブル生成部104により、こうして求められたトータル湾曲角に基づいて外力無印加時の湾曲参照データ R_{iref} の生成が行われる(ステップS115)。即ち、湾曲参照テーブル生成部104は、トータル湾曲演算部102で求めた現在のトータル湾曲角を元にして、その現在のトータル湾曲角に最も近い外力無印加時のトータル湾曲角0に対応する曲率データ R_{ik} を外力無印加時湾曲データ格納部103より引用する。そしてさらに、望ましくは、その引用した曲率データ R_{ik} を現在のトータル湾曲角に対して補間することで、現在のトータル湾曲角に対応する各湾曲検出部5-1, 5-2, 5-3, 5-4の参照湾曲データ R_{1ref} , R_{2ref} , R_{3ref} , R_{4ref} を算出する。

【0033】

その後、差分湾曲データ演算部107により、差分湾曲データ R_i を求める差分湾曲データ演算を実施する(ステップS116)。即ち、差分湾曲データ演算部107は、上記各部湾曲演算部101で求めた各湾曲検出部5-1, 5-2, 5-3, 5-4の曲率 R_1 , R_2 , R_3 , R_4 と、上記湾曲参照テーブル生成部104によって生成した各湾曲検出部5-1, 5-2, 5-3, 5-4の外力無印加時の湾曲参照データ R_{1ref} , R_{2ref} , R_{3ref} , R_{4ref} とを使って、以下の差分演算を行うことで、差分湾曲データ R_1 , R_2 , R_3 , R_4 を求める。

$$\begin{aligned} R1 &= R1 - R1_{ref}, \\ R2 &= R2 - R2_{ref}, \\ R3 &= R3 - R3_{ref}, \\ R4 &= R4 - R4_{ref}. \end{aligned}$$

【0034】

また、差分参照テーブル生成部106により、参照差分データ R_{ij} の生成が行われる（ステップS117）。即ち、差分参照テーブル生成部106は、トータル湾曲演算部102で求めた現在のトータル湾曲角 θ を元にして、その現在のトータル湾曲角 θ に最も近い外力印加時のトータル湾曲角 θ_k に対応する差分湾曲データ R_{ijk} を外力印加時差分湾曲データ格納部105より引用する。そしてさらに、望ましくは、その引用した差分湾曲データ R_{ijk} を現在のトータル湾曲角 θ に対して補間することで、現在のトータル湾曲角 θ に対応する参照差分データ $R1_j$ 、 $R2_j$ 、 $R3_j$ 、 $R4_j$ を算出する。

10

【0035】

そして、外力演算部108により、図1を参照して説明した原理を使って、現在の外力 F の向きと大きさを演算する（ステップS118，ステップS119）。

【0036】

即ち、外力演算部108は、例えば、上述の差分参照テーブル生成部106で算出した差分値の組（参照差分データ $R1_j$ 、 $R2_j$ 、 $R3_j$ 、 $R4_j$ （ $j=1, 2, 3, \dots$ ））のうち、差分湾曲データ演算部107により抽出した現在の湾曲分布の差分値の組（差分湾曲データ $R1$ 、 $R2$ 、 $R3$ 、 $R4$ ）と比率が最も近い組を選び出す。これにより、この比率が最も近い組の“ j ”が決定され、この“ j ”に対応する外力の方向を現在の外力の方向として抽出する。更に望ましくは、上述の比率が最も近い組の代わりに、比率が近い組を複数抽出し、これに対応する外力の方向を補間することにより、現在の外力 F の方向を抽出する。

20

【0037】

また、外力演算部108は、差分湾曲データ演算部107により抽出した現在の湾曲分布の差分値の組（差分湾曲データ $R1$ 、 $R2$ 、 $R3$ 、 $R4$ ）と差分参照テーブル生成部106で与えられる差分値の組（参照差分データ $R1_j$ 、 $R2_j$ 、 $R3_j$ 、 $R4_j$ （この時点では j は確定している））との大きさの比率を、外力印加時差分湾曲データ格納部105にデータ格納した時に予め設定した外力 F_0 に掛けることにより、外力 F の大きさを推定する。例えば、

30

$$F = F_0 \times Avr(R1, R2, R3, R4) / Avr(R1_j, R2_j, R3_j, R4_j)$$

のように計算すれば良い。ここで、 Avr （引数1，引数2， \dots ）は引数1，引数2， \dots の平均化演算を示し、単純平均や2乗平均、重み付け平均などが考えられる。このうち、どの平均演算を選ぶかは、検出する管状湾曲部3の構造や環境条件等により最も適切な演算方法を実験等で確認し、決定しておくことが望ましい。

【0038】

さらに、形状演算部109において、各湾曲検出部5-1，5-2，5-3，5-4の曲率 $R1$ ， $R2$ ， $R3$ ， $R4$ を各湾曲検出部の配置間隔を考慮してつなぎ合わせることににより、管状挿入部1の全体の形状情報を算出する（ステップS120）。

40

【0039】

以上のようにして、管状挿入部1に加わる外力 F に関する外力情報（向きと大きさ）および管状挿入部1の形状に関する形状情報を含む操作支援情報が得られる。

【0040】

その後、該通常動作の終了が判定され（ステップS121）、未だ終了しないのであれば上記ステップS111に戻って、次の操作支援情報を求める動作が繰り返される。

【0041】

なお、このステップS121の終了判定は、例えば、図示しない入力部によるオペレー

50

タの終了操作の有無により判定する。あるいは、特に該ステップ S 1 2 1 の終了判定は行わずに、ステップ S 1 2 0 からステップ S 1 1 1 に戻るようにし、当該管状挿入装置の電源オフにより該通常動作を回復するようにしても構わない。

【 0 0 4 2 】

以上のように、本第 1 実施形態に係る管状挿入装置は、可撓部である湾曲部 3 を所定部分に有する管状挿入部 1 を管空に挿入するときに、操作支援情報演算手段としての操作支援情報演算部 1 0 0 にて、湾曲部 3 に分布して配置された複数の湾曲センサの検出情報の組み合わせ演算により、あるいは、管状挿入部 1 に外力が印加されていない状態での湾曲部 3 に配置された形状センサの検出情報と、現状の形状センサの検出情報と、の組み合わせ演算により、少なくとも管状挿入部 1 に加わる外力に関する外力情報を含む操作支援情報を抽出するので、管状挿入部 1 の大きさや硬さに殆ど影響を与えることなく、あらゆる方向からの外力を操作支援情報として取得することができる。さらには、管状挿入部 1 の形状も操作支援情報として取得することができる。

10

【 0 0 4 3 】

なお、現在の外力 F の向きと大きさの推定方法としては、次のような手法を採用することも可能である。

【 0 0 4 4 】

図 5 (a) は、管状挿入部 1 の状態が図 1 (a) 乃至図 1 (d) に示す場合について、外力の向きと大きさが異なる時の各湾曲検出部 5 - 1 , 5 - 2 , 5 - 3 , 5 - 4 における「 $1 / \text{曲率半径 } R$ 」の分布例を示している。ここで、各湾曲検出部 5 - 1 , 5 - 2 , 5 - 3 , 5 - 4 の曲率半径を、各々、 R_1 , R_2 , R_3 , R_4 とし、曲率半径は図 1 (b) のように上に凸の場合を + 、下に凸の場合を - としている。また、 $F //$ は、管状挿入部 1 の先端に対して、管状挿入部 1 の長さ方向に印加する力の大きさ（向かってくる方向を + とする）を示し、 $F \perp$ は、管状挿入部 1 の先端に対して、長さ方向と垂直な向きに印加する力の大きさを示している（図の上から下に印加する方向を + とする）。

20

【 0 0 4 5 】

簡単のため、外力無印加時のトータル湾曲角 $\theta_0 = 0$ 、湾曲部 3 の弾性が均一、かつ等間隔に湾曲検出部 5 - 1 , 5 - 2 , 5 - 3 , 5 - 4 が配置されている場合を考える。この場合、長さ方向と垂直な向きに印加する力 $F \perp$ をパラメータとして、各湾曲検出部 5 - 1 , 5 - 2 , 5 - 3 , 5 - 4 における「 $1 / \text{曲率半径 } R$ 」の分布例は、図 5 (a) に示すようになる。即ち、先端部に外力が加わる場合は、管状挿入部 1 に対して先端部ほど曲率（ $1 / R$ ）の絶対値が大きくなる。例えば、曲率分布の指標として $(R_1 + R_2) / (R_3 + R_4)$ を取ると、図 5 (b) のようになる。従って、 $(R_1 + R_2) / (R_3 + R_4)$ が分かれば、管状挿入部 1 の長さ方向と垂直な向きに印加する力成分である $F \perp$ を推定することができる。

30

【 0 0 4 6 】

一方、長さ方向に印加する力 $F //$ をパラメータとして、各湾曲検出部 5 - 1 , 5 - 2 , 5 - 3 , 5 - 4 における「 $1 / \text{曲率半径 } R$ 」の分布例は、図 5 (c) に示すようになる。即ち、先端部に外力が加わる場合は、管状挿入部 1 は中央部が撓む形状となる。よって、例えば、曲率分布の指標として $(R_2 + R_3) / (R_1 + R_4)$ を取ると、図 5 (d) のようになる。従って、 $(R_2 + R_3) / (R_1 + R_4)$ が分かれば、管状挿入部 1 の長さ方向に印加する力成分である $F //$ を推定することができる。

40

【 0 0 4 7 】

以上をまとめると、外力無印加時のトータル湾曲角 θ_0 毎に、上記の指標 $(R_1 + R_2) / (R_3 + R_4)$ や $(R_2 + R_3) / (R_1 + R_4)$ の値を外力がない時と、外力が加わった時について予め調べて、外力無印加時湾曲データ格納部 1 0 3 および外力印加時差分湾曲データ格納部 1 0 5 に格納しておくことにより、外力の成分 $F \perp$ 、 $F //$ を推定すること（即ち、外力の向きと大きさを推定すること）が可能となる。

【 0 0 4 8 】

なお、上記湾曲検出部 5 - 1 , 5 - 2 , 5 - 3 , 5 - 4 を備える湾曲センサとしては、

50

図 6 に示すような、光ファイバの曲げ損失を利用したファイバ湾曲センサ 12 - 1 , 12 - 2 , 12 - 3 , 12 - 4 を使用することができる。

【 0049 】

即ち、各ファイバ湾曲センサ 12 - 1 , 12 - 2 , 12 - 3 , 12 - 4 においては、光ファイバ 6 の入力端が、分岐構造 8 で構成されている。この分岐の一端には、光源 10 - 1 , 10 - 2 , 10 - 3 , 10 - 4 から出射した光が、レンズ 9 を介して入射し、光ファイバ 6 を導光して、先端に配置されたミラー 7 により反射され、反射された光が再び光ファイバ 6、分岐構造 8、レンズ 9 を経て、光検出器 11 - 1 , 11 - 2 , 11 - 3 , 11 - 4 にて検出される。ここで、光ファイバ 6 の導光路の途中には、導光路の外周付近に湾曲検出部 5 - 1 , 5 - 2 , 5 - 3 , 5 - 4 として機能する光損失部が形成されている。光ファイバ 6 が湾曲した時は、その程度に応じて、光損失部の光損失量が異なることを利用して湾曲量を検出することができる。

10

【 0050 】

上述のファイバ湾曲センサは、湾曲検出部 5 - 1 ~ 5 - 4 が、湾曲部 3 の長手方向にずらせて配置されている。これにより、複数の湾曲検出部 5 - 1 ~ 5 - 4 の検出結果を使って、長手方向の湾曲分布を検出することができる。

【 0051 】

また、湾曲部 3 の可撓性の大小に分布がある場合は、湾曲検出部 5 - 1 ~ 5 - 4 の配置間隔や湾曲検出部 5 - 1 ~ 5 - 4 の感度を最適に設定することが望ましい。また、本発明では、複数の湾曲センサ 12 - 1 ~ 12 - 4 を配置する代わりに、湾曲検出部が連続に分布する構成も含むものとする。

20

【 0052 】

本実施形態では、湾曲センサとして光の導光損失を利用した光ファイバセンサについて説明したが、湾曲検出部 5 - 1 ~ 5 - 4 にファイバグレーティングを使った構成などの他の光ファイバセンサも活用できる。更に、図 6 では多点の湾曲を検出するために複数のファイバ形状センサを内蔵した構成を示したが、（ここでは具体的な構成原理は示さないが）これらの湾曲検出部 5 - 1 ~ 5 - 4 が共通の光ファイバに集積されて、湾曲検出部毎に分離検出できる構成にしても良い。

【 0053 】

また、湾曲センサは、光ファイバを使ったものに限定されない。例えば、歪センサを分布配置させたもの、加速度センサ、ジャイロセンサ、無線素子等を分布配置して、その位置を検出して湾曲量に変換できるものなども含まれる。

30

【 0054 】

[第 2 実施形態]

以下に、本発明に係る第 2 実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、上記第 1 実施形態と共通する部分については、その説明を省略する。

【 0055 】

本第 2 実施形態に係る管状挿入装置は、図 7 に示すように、管状挿入部 1 を湾曲操作ワイヤ 21 , 22 で湾曲できるように、湾曲操作部 40 を有している。湾曲操作ワイヤ 21 , 22 は、湾曲操作ノブ 23 , 24 を回転させることにより、回転の巻き込み側に繋がる側のワイヤが引っ張られる。この湾曲操作ワイヤ 21 , 22 は、ガイドローラ 30 を介して、管状挿入部 1 の先端硬質部 2 の留め金 29 に連結されている。これにより、湾曲操作ノブ 23 , 24 を回転させることにより、管状挿入部 1 の湾曲量を操作することができる。このように、湾曲操作ワイヤ 21 , 22 は、オペレータが管状挿入部 1 の湾曲状態を操作する湾曲操作手段として機能する。なお、図 7 においては、湾曲方向として上下 (UD) 方向と、これと垂直な左右 (LR) 方向を各々操作する場合の構成を示しているが、煩雑となるため、LR 方向のワイヤや検出センサは図示していない。

40

【 0056 】

ここで、湾曲操作部 40 には、湾曲操作ワイヤ 21 , 22 の動き即ち操作量を検出するために、UD 方向と LR 方向の各々に対して、エンコーダヘッド 25 , 26、および、こ

50

れに対向するエンコーダスケール 27, 28 となる湾曲操作検出センサを有している。なお、エンコーダスケール 27, 28 は、湾曲操作ワイヤ 21, 22 に固定され、エンコーダヘッド 25, 26 は、湾曲操作部 40 の筐体に固定されている。これにより、湾曲操作ノブ 23, 24 を回転させた時に、エンコーダヘッド 25, 26 が湾曲操作ワイヤ 21, 22 の動きを検出することにより、管状挿入部 1 の湾曲部 3 のトータル湾曲角を推定することができる。

【0057】

次に、具体的に外力を検出する信号処理アルゴリズムの一例を説明する。なお、第 1 実施形態と共通する部分については、その説明を省略する。

【0058】

図 8 に示すように、本実施形態における操作支援情報演算部 100 は、上記第 1 実施形態における構成に加えて、操作量演算部 111、トータル湾曲推定部 112、および外力演算部 113 を備えている。

【0059】

操作量演算部 111 の入力は、湾曲操作検出センサのエンコーダヘッド 25, 26 に接続され、出力はトータル湾曲推定部 112 に接続され、また、形状操作情報として、操作支援情報演算部 100 の外部に出力される。トータル湾曲推定部 112 の出力は、外力演算部 113 に接続されている。該外力演算部 113 にはさらに、上記トータル湾曲演算部 102 の出力も接続されている。外力演算部 113 の出力は、外力情報 2 として、操作支援情報演算部 100 の外部に出力される。なお、外力演算部 108 の出力は、外力情報 1 として、操作支援情報演算部 100 の外部に出力される。即ち、本第 2 実施形態における操作支援情報演算部 100 は、複数の外力情報を出力する。

【0060】

操作量演算部 111 は、エンコーダヘッド 25, 26 の出力信号から、例えば、湾曲操作ワイヤ 21, 22 の引っ張り量を検出することができ、これを管状挿入部 1 の形状操作に関する形状操作情報として出力する。

【0061】

また、この値を用いて、予め実験式を作っておくことなどにより、トータル湾曲推定部 112 は、推定のトータル湾曲角 θ_2 を得ることができる。湾曲操作部 40 で意図した湾曲角はトータル湾曲推定部 112 により推定トータル湾曲角 θ_2 で与えられるが、実際のトータル湾曲角は外力によりこの推定トータル湾曲角 θ_2 とは異なる角度になる。この差分を利用して、外力の方向と大きさを与えることができる。具体的には、トータル湾曲演算部 102 で算出される現在のトータル湾曲角 θ_1 と、トータル湾曲推定部 112 により得られる推定トータル湾曲角 θ_2 とを比較し、この比率を前述の外力印加時差分湾曲データ格納部 105 にデータ格納した時に予め設定した外力 F_0 に掛けることにより、現在の外力 F を外力情報 2 として推定することができる。

【0062】

以上のようにして、管状挿入部 1 に加わる外力 F に関する外力情報 1 および外力情報 2 (第 2 の外力情報)、管状挿入部 1 の形状に関する形状情報、および管状挿入部 1 の形状操作に関する形状操作情報を含む操作支援情報が得られる。

【0063】

なお、上記外力情報 1 と外力情報 2 は、ケースによって使い分けることができる。例えば、外力情報 1 を得るには大きなデータベースや高機能の演算装置が必要であるが、湾曲操作部 40 の情報が得られない場合に有効である。一方、外力情報 2 は大きなデータベースや高機能の演算装置が要らないので、コンパクトな装置に向いているが、湾曲操作部 40 の情報を取得するための構成が必要である。これ以外にも、精度や検出速度等、多様な観点で外力情報 1 と外力情報 2 の使い分け、あるいは、併用が可能である。このように、本実施形態における操作支援情報演算部 100 は、湾曲操作検出センサの検出情報と複数の湾曲センサの検出情報とを組み合わせることで演算することにより、少なくとも管状挿入部 1 に加わる外力に関する複数の外力情報を含む操作支援情報を抽出し、これら複数の外力情

10

20

30

40

50

報を選択または併用することが可能な操作支援情報演算手段として機能する。

【 0 0 6 4 】

以上、実施形態に基づいて本発明を説明したが、本発明は、上述した実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨の範囲内で種々の変形や応用が可能なことは勿論である。

【 0 0 6 5 】

例えば、上記実施形態では、4つの湾曲検出部 5 - 1 , 5 - 2 , 5 - 3 , 5 - 4 を配置した例で説明したが、4つに限定しないことは勿論である。

【 0 0 6 6 】

また、複数の湾曲検出部 5 - 1 ~ 5 - 4 を、図 1 において湾曲部 3 の長手方向に上側一列に配置して、紙面方向の外力を検出したが、長手方向に横側一列に配置することで、紙面に垂直な方向の外力を検出することも可能であるし、さらには、上側、横側それぞれに配置することで、紙面方向と垂直方向の 2 次元で外力を検出するように構成することも可能である。

【 0 0 6 7 】

また、図 4 に示したステップ S 1 1 5 , S 1 1 6 とステップ S 1 1 7 とは順番を逆にしても良いし、並列に処理するものとしても良い。同様に、ステップ S 1 1 5 ~ S 1 1 9 とステップ S 1 2 0 とは順番を逆にしても良いし、並列に処理するものとしても良い。

【 0 0 6 8 】

また、上記操作支援情報演算部 1 0 0 の機能を実現するソフトウェアのプログラムをコンピュータに供給し、当該コンピュータがこのプログラムを実行することによって、上記機能を実現することも可能である。

【 符号の説明 】

【 0 0 6 9 】

1 ... 管状挿入部、 2 ... 先端硬質部、 3 ... 湾曲部、 4 ... 準硬質部、 5 - 1 , 5 - 2 , 5 - 3 , 5 - 4 ... 湾曲検出部、 6 ... 光ファイバ、 7 ... ミラー、 8 ... 分岐構造、 9 ... レンズ、 1 0 - 1 , 1 0 - 2 , 1 0 - 3 , 1 0 - 4 ... 光源、 1 1 - 1 , 1 1 - 2 , 1 1 - 3 , 1 1 - 4 ... 光検出器、 1 2 - 1 , 1 2 - 2 , 1 2 - 3 , 1 2 - 4 ... ファイバ湾曲センサ、 2 1 , 2 2 ... 湾曲操作ワイヤ、 2 3 , 2 4 ... 湾曲操作ノブ、 2 5 , 2 6 ... エンコーダヘッド、 2 7 , 2 8 ... エンコーダスケール、 2 9 ... 留め金、 3 0 ... ガイドローラ、 4 0 ... 湾曲操作部、 1 0 0 ... 操作支援情報演算部、 1 0 1 ... 各部湾曲演算部、 1 0 2 ... トータル湾曲演算部、 1 0 3 ... 外力無印加時湾曲データ格納部、 1 0 4 ... 湾曲参照テーブル生成部、 1 0 5 ... 外力印加時差分湾曲データ格納部、 1 0 6 ... 差分参照テーブル生成部、 1 0 7 ... 差分湾曲データ演算部、 1 0 8 ... 外力演算部、 1 0 9 ... 形状演算部、 1 1 0 ... 複合湾曲情報演算部、 1 1 1 ... 操作量演算部、 1 1 2 ... トータル湾曲推定部、 1 1 3 ... 外力演算部。

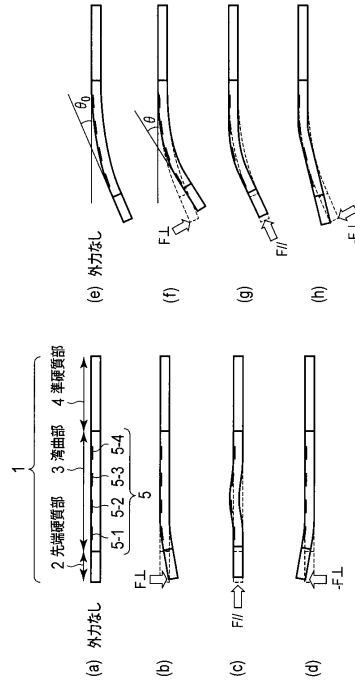
10

20

30

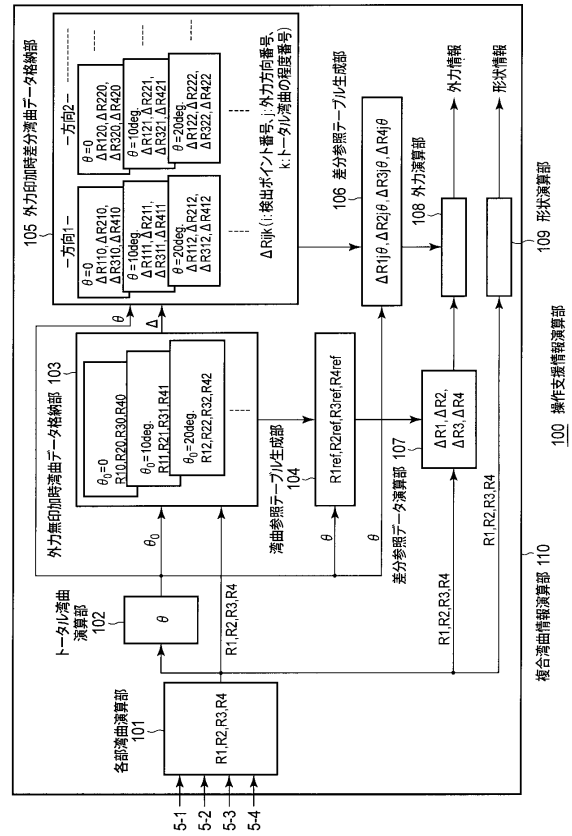
【図 1】

図 1



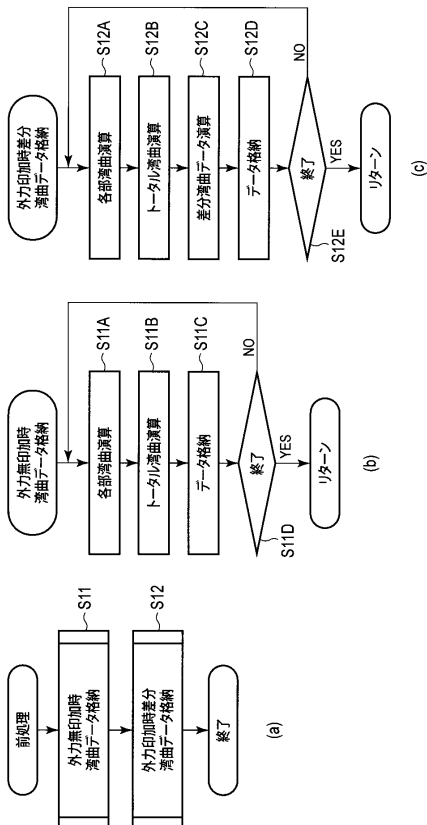
【図 2】

図 2



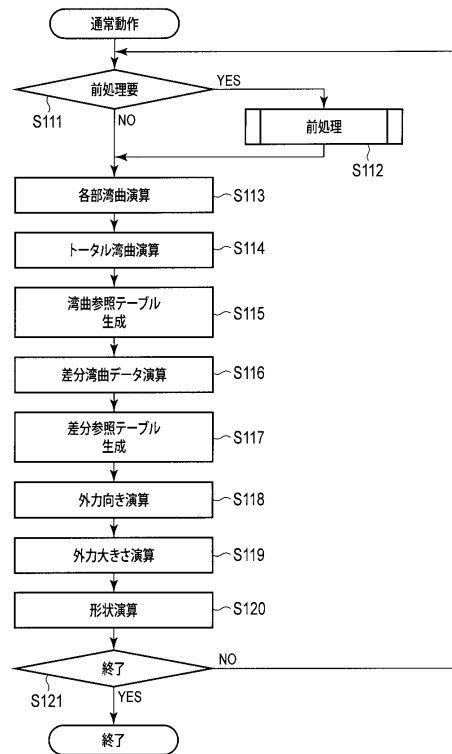
【図 3】

図 3



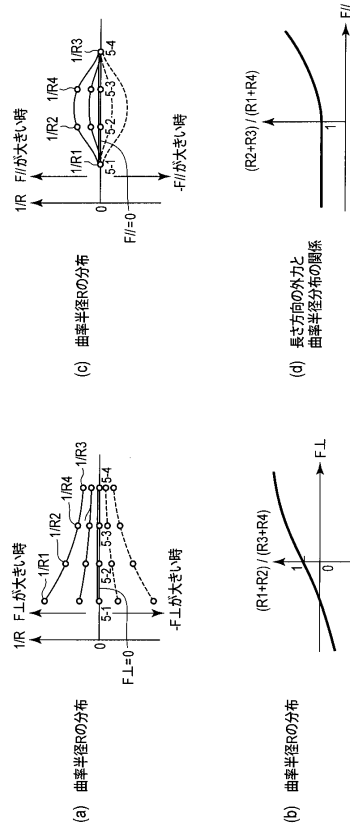
【図 4】

図 4



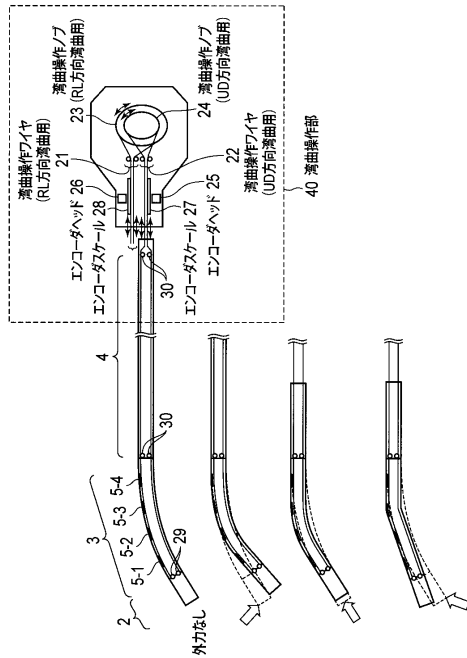
【図 5】

図 5



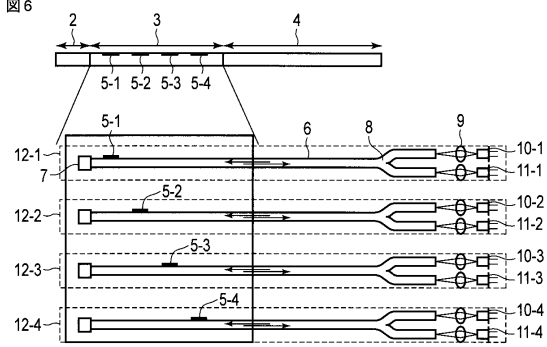
【図 7】

図 7



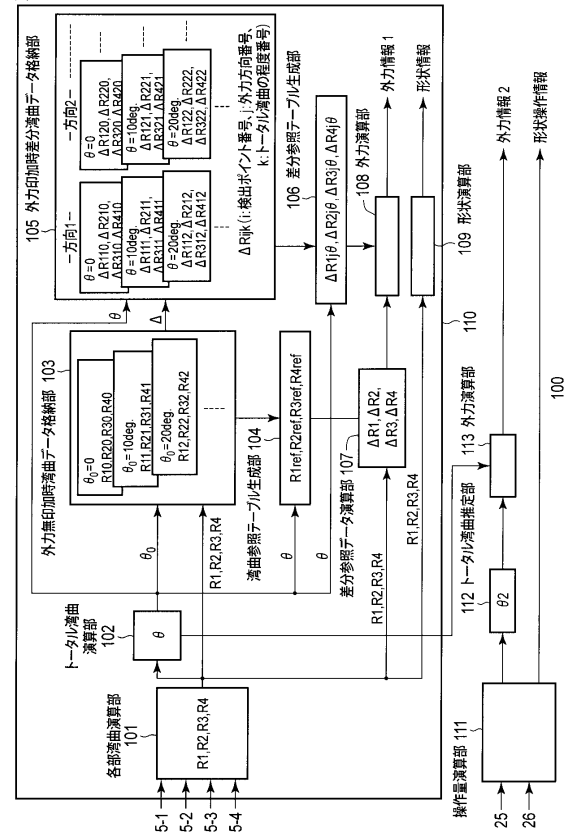
【図 6】

図 6



【図 8】

図 8



フロントページの続き

- (74)代理人 100095441
弁理士 白根 俊郎
- (74)代理人 100084618
弁理士 村松 貞男
- (74)代理人 100103034
弁理士 野河 信久
- (74)代理人 100119976
弁理士 幸長 保次郎
- (74)代理人 100153051
弁理士 河野 直樹
- (74)代理人 100140176
弁理士 砂川 克
- (74)代理人 100158805
弁理士 井関 守三
- (74)代理人 100124394
弁理士 佐藤 立志
- (74)代理人 100112807
弁理士 岡田 貴志
- (74)代理人 100111073
弁理士 堀内 美保子
- (74)代理人 100134290
弁理士 竹内 将訓
- (72)発明者 山本 英二
東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 オリンパス株式会社内
- (72)発明者 東條 良
東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 オリンパス株式会社内
- (72)発明者 羽根 潤
東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 オリンパス株式会社内
- (72)発明者 長谷川 潤
東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 オリンパスメディカルシステムズ株式会社内

審査官 増淵 俊仁

- (56)参考文献 特開平 0 6 - 1 5 4 1 5 3 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 0 / 0 5 0 5 2 6 (W O , A 1)
特開 2 0 1 1 - 0 6 2 2 9 1 (J P , A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
A 6 1 B 1 / 0 0 - 1 / 3 2
G 0 2 B 2 3 / 2 4 - 2 3 / 2 6