

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6535689号
(P6535689)

(45) 発行日 令和1年6月26日 (2019. 6. 26)

(24) 登録日 令和1年6月7日 (2019. 6. 7)

(51) Int. Cl.

F I

A 6 1 B 1/00 (2006. 01)

A 6 1 B 1/00 5 5 2

G O 2 B 23/24 (2006. 01)

A 6 1 B 1/00 5 5 1

G O 2 B 23/24 A

請求項の数 17 (全 50 頁)

(21) 出願番号	特願2016-571643 (P2016-571643)	(73) 特許権者	000000376
(86) (22) 出願日	平成27年1月30日 (2015. 1. 30)		オリンパス株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2015/052696		東京都八王子市石川町2951番地
(87) 国際公開番号	W02016/121106	(74) 代理人	100108855
(87) 国際公開日	平成28年8月4日 (2016. 8. 4)		弁理士 蔵田 昌俊
審査請求日	平成29年5月31日 (2017. 5. 31)	(74) 代理人	100103034
			弁理士 野河 信久
前置審査		(74) 代理人	100153051
			弁理士 河野 直樹
		(74) 代理人	100179062
			弁理士 井上 正
		(74) 代理人	100199565
			弁理士 飯野 茂
		(74) 代理人	100162570
			弁理士 金子 早苗

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 未然形状推定装置、挿入／抜去作業システム、挿入／抜去作業支援システム及び未然形状推定プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

観察対象物の内部に挿入される可撓性を有する挿入部と、
前記挿入部の湾曲状態を検出してその検出信号を出力する形状センサと、
前記形状センサから出力された前記検出信号に基づいて前記挿入部の形状を示す挿入部形状情報を算出する挿入部形状算出部と、
前記挿入部形状算出部により互いに異なる時刻に算出された前記挿入部形状情報を比較し、その比較結果に基づいて前記挿入部の形状変化を示す挿入部形状時間変化情報を導出する形状時間変化導出部と、
前記形状時間変化導出部により導出された前記挿入部形状時間変化情報と、前記挿入部形状算出部により算出された前記挿入部形状情報とに基づいて、所定の時間経過後の前記挿入部の形状を未然に推定し、未然推定形状情報として出力する未然挿入部形状推定部と、
を具備し、

nを2以上の自然数とし、j、kをそれぞれ互いに異なるn以下の自然数とし、かつ当該jとkとの大小関係をj < kとし、

前記形状センサに対して、前記挿入部の形状の検出タイミングを示す第1乃至第nのタイミング信号を出力する形状センサ制御部を含み、

前記挿入部形状算出部は、前記形状センサ制御部から出力された前記第1乃至第nのタイミング信号に含まれる第jと第kとの各タイミング信号に対応して前記形状センサから

10

20

出力される前記検出信号に基づいて第 j の挿入部形状情報と第 k の挿入部形状情報とを算出し、

前記形状時間変化導出部は、前記挿入部形状算出部により算出された前記第 j の挿入部形状情報と前記第 k の挿入部形状情報とを比較し、前記第 j のタイミング信号の出力時から前記第 k のタイミング信号の出力時までの前記挿入部形状時間変化情報を求め、

前記形状時間変化導出部は、前記第 j の挿入部形状情報と前記第 k の挿入部形状情報とを比較して前記挿入部において形状が殆ど変化していない形状不変化領域を抽出し、当該形状不変化領域が複数ある場合、当該各形状不変化領域の相対的な位置関係の変化に基づいて前記挿入部での形状変化の種類、当該形状変化の方向、又は当該形状変化の量のうち少なくとも 1 つを導出し、前記挿入部形状時間変化情報として出力する、

10

ことを特徴とする未然形状推定装置。

【請求項 2】

観察対象物の内部に挿入される可撓性を有する挿入部と、

前記挿入部の湾曲状態を検出してその検出信号を出力する形状センサと、

前記形状センサから出力された前記検出信号に基づいて前記挿入部の形状を示す挿入部形状情報を算出する挿入部形状算出部と、

前記挿入部形状算出部により互いに異なる時刻に算出された前記挿入部形状情報を比較し、その比較結果に基づいて前記挿入部の形状変化を示す挿入部形状時間変化情報を導出する形状時間変化導出部と、

前記形状時間変化導出部により導出された前記挿入部形状時間変化情報と、前記挿入部形状算出部により算出された前記挿入部形状情報とに基づいて、所定の時間経過後の前記挿入部の形状を未然に推定し、未然推定形状情報として出力する未然挿入部形状推定部と、

20

前記挿入部形状時間変化情報に基づいて前記観察対象物の内表面の形状情報を示す内面プロファイル情報の少なくとも一部を推定する観察対象物内面プロファイル情報推定部と、

を具備し、

前記未然挿入部形状推定部は、前記観察対象物の前記内面プロファイル情報に基づいて前記未然推定形状情報を推定する、

ことを特徴とする未然形状推定装置。

30

【請求項 3】

前記挿入部は、前記観察対象物の内部の表面を観察するための内視鏡の挿入部を含むことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の未然形状推定装置。

【請求項 4】

前記挿入部形状時間変化情報に基づいて前記観察対象物の内部への前記挿入部の挿入操作を含む操作情報を推定する操作情報推定部を含み、

前記未然挿入部形状推定部は、前記操作情報に基づいて前記未然推定形状情報を推定する、

ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の未然形状推定装置。

【請求項 5】

40

前記操作情報推定部は、前記挿入部の形状変化が前記挿入部の挿入操作を受けて為されたものと仮定し、前記第 j のタイミング信号の発生時から前記第 k のタイミング信号の発生時までの期間中における前記挿入部の前記形状変化の種類、当該形状変化の方向、又は当該形状変化の量のうち少なくとも 1 つを推定する、

ことを特徴とする請求項 1 を引用する請求項 4 に記載の未然形状推定装置。

【請求項 6】

前記操作情報推定部は、前記操作情報に基づいて今後に行われる前記挿入部への操作情報を未然に推定する未然操作情報推定部を含み、

前記未然挿入部形状推定部は、前記未然操作情報推定部により推定された前記操作情報が行われたときの前記挿入部の形状を未然に推定する、

50

ことを特徴とする請求項 4 に記載の未然形状推定装置。

【請求項 7】

前記形状センサは、前記挿入部に搭載され、光ファイバセンサ、又は磁気センサを含むことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の未然形状推定装置。

【請求項 8】

前記形状センサは、X線カメラ、又は外部カメラを含むことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の未然形状推定装置。

【請求項 9】

前記挿入部の形状を操作可能な操作ハンドルと、
前記操作ハンドルの操作量を検出する操作量センサと、
を含み、

前記操作情報推定部は、前記操作量センサにより検出される前記操作ハンドルの操作量に基づいて前記挿入部に対する前記操作情報を推定する、
ことを特徴とする請求項 4 に記載の未然形状推定装置。

【請求項 10】

前記観察対象物の内部に前記挿入部を挿入するための入口部と、
前記入口部に設けられ、前記観察対象物の内部への前記挿入部の挿入量を検出する挿入量センサと、
を含み、

前記操作情報推定部は、前記挿入量センサにより検出された前記挿入部の挿入量に基づいて前記挿入部に対する前記操作情報を推定する、
ことを特徴とする請求項 4 に記載の未然形状推定装置。

【請求項 11】

前記未然に推定される前記未然推定形状情報を記憶し、かつ必要に応じて前記未然推定形状情報を読み出し可能とする情報記憶部を含むことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の未然形状推定装置。

【請求項 12】

観察対象物の内部に挿入される可撓性を有する挿入部と、
前記挿入部の湾曲状態を検出してその検出信号を出力する形状センサと、
前記挿入部の湾曲操作を行うための操作部と、
前記形状センサから出力された前記検出信号に基づいて前記挿入部の形状を示す挿入部形状情報を算出する挿入部形状算出部と、

前記挿入部形状算出部により互いに異なる時刻に算出された前記挿入部形状情報を比較し、その比較結果に基づいて前記挿入部の形状変化を示す挿入部形状時間変化情報を導出する形状時間変化導出部と、

前記形状時間変化導出部により導出された前記挿入部形状時間変化情報と、前記挿入部形状算出部により算出された前記挿入部形状情報とに基づいて、所定の時間経過後の前記挿入部の形状を未然に推定し、未然推定形状情報として出力する未然挿入部形状推定部と、
を具備し、

n を 2 以上の自然数とし、j、k をそれぞれ互いに異なる n 以下の自然数とし、かつ当該 j と k との大小関係を $j < k$ とし、

前記形状センサに対して、前記挿入部の形状の検出タイミングを示す第 1 乃至第 n のタイミング信号を出力する形状センサ制御部を含み、

前記挿入部形状算出部は、前記形状センサ制御部から出力された前記第 1 乃至第 n のタイミング信号に含まれる第 j と第 k との各タイミング信号に対応して前記形状センサから出力される前記検出信号に基づいて第 j の挿入部形状情報と第 k の挿入部形状情報とを算出し、

前記形状時間変化導出部は、前記挿入部形状算出部により算出された前記第 j の挿入部形状情報と前記第 k の挿入部形状情報とを比較し、前記第 j のタイミング信号の出力時か

ら前記第 k のタイミング信号の出力時までの前記挿入部形状時間変化情報を求め、

前記形状時間変化導出部は、前記第 j の挿入部形状情報と前記第 k の挿入部形状情報とを比較して前記挿入部において形状が殆ど変化していない形状不変化領域を抽出し、当該形状不変化領域が複数ある場合、当該各形状不変化領域の相対的な位置関係の変化に基づいて前記挿入部での形状変化の種類、当該形状変化の方向、又は当該形状変化の量のうち少なくとも 1 つを導出し、前記挿入部形状時間変化情報として出力する、

ことを特徴とする挿入 / 抜去作業システム。

【請求項 13】

観察対象物の内部に挿入される可撓性を有する挿入部と、

前記挿入部の湾曲状態を検出してその検出信号を出力する形状センサと、

前記挿入部の湾曲操作を行うための操作部と、

前記形状センサから出力された前記検出信号に基づいて前記挿入部の形状を示す挿入部形状情報を算出する挿入部形状算出部と、

前記挿入部形状算出部により互いに異なる時刻に算出された前記挿入部形状情報を比較し、その比較結果に基づいて前記挿入部の形状変化を示す挿入部形状時間変化情報を導出する形状時間変化導出部と、

前記形状時間変化導出部により導出された前記挿入部形状時間変化情報と、前記挿入部形状算出部により算出された前記挿入部形状情報とに基づいて、所定の時間経過後の前記挿入部の形状を未然に推定し、未然推定形状情報として出力する未然挿入部形状推定部と、

前記挿入部形状時間変化情報に基づいて前記観察対象物の内表面の形状情報を示す内面プロファイル情報の少なくとも一部を推定する観察対象物内面プロファイル情報推定部と

を具備し、

前記未然挿入部形状推定部は、前記観察対象物の前記内面プロファイル情報に基づいて前記未然推定形状情報を推定する、

ことを特徴とする挿入 / 抜去作業システム。

【請求項 14】

観察対象物の内部に挿入される可撓性を有する挿入部と、

前記挿入部の湾曲状態を検出してその検出信号を出力する形状センサと、

前記挿入部を湾曲させるための操作部と、

前記形状センサから出力された前記検出信号に基づいて前記挿入部の形状を示す挿入部形状情報を算出する挿入部形状算出部と、

前記挿入部形状算出部により互いに異なる時刻に算出された前記挿入部形状情報を比較し、その比較結果に基づいて前記挿入部の形状変化を示す挿入部形状時間変化情報を導出する形状時間変化導出部と、

前記形状時間変化導出部により導出された前記挿入部形状時間変化情報と、前記挿入部形状算出部により算出された前記挿入部形状情報とに基づいて、所定の時間経過後の前記挿入部の形状を未然に推定し、未然推定形状情報として出力する未然挿入部形状推定部と、

前記未然挿入部形状推定部から出力された前記未然推定形状情報を報知し、前記挿入部の前記観察対象物の内部への挿入 / 抜去を支援する作業支援部と、

を具備し、

n を 2 以上の自然数とし、j、k をそれぞれ互いに異なる n 以下の自然数とし、かつ当該 j と k との大小関係を $j < k$ とし、

前記形状センサに対して、前記挿入部の形状の検出タイミングを示す第 1 乃至第 n のタイミング信号を出力する形状センサ制御部を含み、

前記挿入部形状算出部は、前記形状センサ制御部から出力された前記第 1 乃至第 n のタイミング信号に含まれる第 j と第 k との各タイミング信号に対応して前記形状センサから出力される前記検出信号に基づいて第 j の挿入部形状情報と第 k の挿入部形状情報とを算

10

20

30

40

50

出し、

前記形状時間変化導出部は、前記挿入部形状算出部により算出された前記第 j の挿入部形状情報と前記第 k の挿入部形状情報とを比較し、前記第 j のタイミング信号の出力時から前記第 k のタイミング信号の出力時までの前記挿入部形状時間変化情報を求め、

前記形状時間変化導出部は、前記第 j の挿入部形状情報と前記第 k の挿入部形状情報とを比較して前記挿入部において形状が殆ど変化していない形状不変化領域を抽出し、当該形状不変化領域が複数ある場合、当該各形状不変化領域の相対的な位置関係の変化に基づいて前記挿入部での形状変化の種類、当該形状変化の方向、又は当該形状変化の量のうち少なくとも 1 つを導出し、前記挿入部形状時間変化情報として出力する、

ことを特徴とする挿入 / 抜去作業支援システム。

10

【請求項 15】

観察対象物の内部に挿入される可撓性を有する挿入部と、

前記挿入部の湾曲状態を検出してその検出信号を出力する形状センサと、

前記挿入部を湾曲させるための操作部と、

前記形状センサから出力された前記検出信号に基づいて前記挿入部の形状を示す挿入部形状情報を算出する挿入部形状算出部と、

前記挿入部形状算出部により互いに異なる時刻に算出された前記挿入部形状情報を比較し、その比較結果に基づいて前記挿入部の形状変化を示す挿入部形状時間変化情報を導出する形状時間変化導出部と、

前記形状時間変化導出部により導出された前記挿入部形状時間変化情報と、前記挿入部形状算出部により算出された前記挿入部形状情報とに基づいて、所定の時間経過後の前記挿入部の形状を未然に推定し、未然推定形状情報として出力する未然挿入部形状推定部と

20

、
前記未然挿入部形状推定部から出力された前記未然推定形状情報を報知し、前記挿入部の前記観察対象物の内部への挿入 / 抜去を支援する作業支援部と、

前記挿入部形状時間変化情報に基づいて前記観察対象物の内表面の形状情報を示す内面プロファイル情報の少なくとも一部を推定する観察対象物内面プロファイル情報推定部と

、
を具備し、

前記未然挿入部形状推定部は、前記観察対象物の前記内面プロファイル情報に基づいて前記未然推定形状情報を推定する、

30

ことを特徴とする挿入 / 抜去作業支援システム。

【請求項 16】

コンピュータに、

観察対象物の内部に挿入される可撓性を有する挿入部の湾曲状態を検出する形状センサから出力される検出信号を入力する入力機能と、

前記入力機能により入力された前記検出信号に基づいて前記挿入部の形状を示す挿入部形状情報を算出する挿入部形状算出機能と、

前記挿入部形状算出機能により互いに異なる時刻に算出された前記挿入部形状情報を比較し、その比較結果に基づいて前記挿入部の形状変化を示す挿入部形状時間変化情報を導出する形状時間変化導出機能と、

40

前記形状時間変化導出機能により導出された前記挿入部形状時間変化情報と、前記挿入部形状算出機能により算出された前記挿入部形状情報とに基づいて、所定の時間経過後の前記挿入部の形状を未然に推定し、未然推定形状情報として出力する未然挿入部形状推定機能と、

n を 2 以上の自然数とし、j、k をそれぞれ互いに異なる n 以下の自然数とし、かつ当該 j と k との大小関係を $j < k$ とし、

前記形状センサに対して、前記挿入部の形状の検出タイミングを示す第 1 乃至第 n のタイミング信号を出力する形状センサ制御機能と、

を実現し、

50

前記挿入部形状算出機能は、前記形状センサ制御機能から出力された前記第 1 乃至第 n のタイミング信号に含まれる第 j と第 k との各タイミング信号に対応して前記入力機能により入力された前記検出信号に基づいて第 j の挿入部形状情報と第 k の挿入部形状情報とを算出し、

前記形状時間変化導出機能は、前記挿入部形状算出機能により算出された前記第 j の挿入部形状情報と前記第 k の挿入部形状情報とを比較し、前記第 j のタイミング信号の出力時から前記第 k のタイミング信号の出力時までの前記挿入部形状時間変化情報を求め、

前記形状時間変化導出機能は、前記第 j の挿入部形状情報と前記第 k の挿入部形状情報とを比較して前記挿入部において形状が殆ど変化していない形状不変化領域を抽出し、当該形状不変化領域が複数ある場合、当該各形状不変化領域の相対的な位置関係の変化に基づいて前記挿入部での形状変化の種類、当該形状変化の方向、又は当該形状変化の量のうち少なくとも 1 つを導出し、前記挿入部形状時間変化情報として出力する、

未然形状推定プログラム。

【請求項 17】

コンピュータに、

観察対象物の内部に挿入される可撓性を有する挿入部の湾曲状態を検出する形状センサから出力される検出信号を入力する入力機能と、

前記入力機能により入力された前記検出信号に基づいて前記挿入部の形状を示す挿入部形状情報を算出する挿入部形状算出機能と、

前記挿入部形状算出機能により互いに異なる時刻に算出された前記挿入部形状情報を比較し、その比較結果に基づいて前記挿入部の形状変化を示す挿入部形状時間変化情報を導出する形状時間変化導出機能と、

前記形状時間変化導出機能により導出された前記挿入部形状時間変化情報と、前記挿入部形状算出機能により算出された前記挿入部形状情報とに基づいて、所定の時間経過後の前記挿入部の形状を未然に推定し、未然推定形状情報として出力する未然挿入部形状推定機能と、

前記挿入部形状時間変化情報に基づいて前記観察対象物の内表面の形状情報を示す内面プロファイル情報の少なくとも一部を推定する観察対象物内面プロファイル情報推定機能と、

を実現し、

前記未然挿入部形状推定機能は、前記観察対象物の前記内面プロファイル情報に基づいて前記未然推定形状情報を推定する、

未然形状推定プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、観察対象物の内部に挿入する挿入部の形状を未然に推定する未然形状推定装置、挿入／抜去作業システム、挿入／抜去作業支援システム及び未然形状推定プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

挿入部を細い管孔内に挿入して観察対象物の内部に挿入し、当該観察対象物内部で作業を行うための装置がある。例えば内視鏡では、観察対象物の内部に挿入部を挿入することにより当該観察対象物の内表面の観察作業を行う。このような内視鏡等の装置では、管孔内における挿入部の形状等を外部から直接見ることができない。

【0003】

すなわち、内視鏡では、観察対象物の内部における挿入部の位置及び形状等の状態が観察対象物の外部から分からない。このため、作業者は、管孔内部に挿入された挿入部の状態について、現時点において挿入部が管孔内部中の何処に在って、何処を観察しているのかなどを想像しながら観察作業を行う必要がある。よって、作業者は、観察対象物内部に

10

20

30

40

50

おける挿入部の状態を想像しながら、感を頼りに挿入部に対する操作を行う必要があった。

【 0 0 0 4 】

このような事から管孔の形状が複雑な場合、又は観察対象物が生体のように柔らかく変形するような場合には、観察対象物内部への挿入そのものが困難であったりする。管孔の形状が想像と異なる位置又は状態である場合には、最悪のケースとして観察対象物に影響を与えるおそれがある。このため作業者は、作業を行うための長時間の訓練や、実作業を行いながら感や経験を身に付けるなど、作業の技能を向上させる必要があった。言い換えると、高度に訓練された技能者又はエキスパートでなければ、観察対象物内部への挿入部の挿入、観察対象物内部での作業を行えない場合があった。

10

【 0 0 0 5 】

このような実情から管孔内での挿入部の状態を作業者に知らせるための技術が考案されている。例えば特許文献 1 は、内視鏡の挿入部の形状を検出し、表示するための内視鏡挿入形状プローブについて開示している。この内視鏡挿入形状検出プローブは、内視鏡装置に設けられている鉗子チャンネルに挿入して内視鏡挿入部の形状検出を行う。この内視鏡挿入形状検出プローブでは、光供給用ファイバにより供給された光をミラーに照射し、このミラーで反射した光を複数の曲率検出用光ファイバにより伝送する。これら曲率検出用光ファイバには、それぞれ曲率に応じて光損失が変化する光損失部が一つずつ設けられている。これにより、各曲率検出用光ファイバにより導光される光は、光損失部を経由してモジュールに到達するので、モジュールに導光される光の光量変化を検出することにより光損失部が設けられた位置における曲率検出用光ファイバの曲率を検出することができる。

20

【 0 0 0 6 】

又、特許文献 1 は、光損失部が設けられる位置を異ならせた複数の曲率検出用ファイバを用い、これら曲率検出用ファイバ毎にそれぞれ異なる光損失部の各位置での各曲率を検出することを開示している。これにより、各光損失部が設けられるポイントにおける曲げ角度と隣り合うポイントの距離とによって内視鏡挿入部の形状を検知することができる。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 7 】

30

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 7 - 0 4 4 4 1 2 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 8 】

特許文献 1 によれば、挿入形状検出プローブが形状を検出した時点、すなわち過去における内視鏡挿入部の形状を検出することが可能であるが、これから後、内視鏡挿入部がどのような形状になるのかを推測することはできない。すなわち、複雑な形状を有する観察対象物の内部に内視鏡挿入部を挿入していく過程で、“過去における内視鏡挿入部の形状”を検出することができるが、その後、内視鏡挿入部の形状がどうなっているのか、及びこのまま挿入部の操作を継続したときに“内視鏡挿入部の形状がどのような形状になるのか”の情報を得ることはできない。

40

【 0 0 0 9 】

又、観察対象物が生体の場合、“過去において内視鏡挿入部の形状が生体内でどのような形状になっていたか”を検出することができるが、その後、内視鏡挿入部の形状がどうなっているのか、及びこのままの挿入部の操作を継続したときに“内視鏡挿入部の形状がどのような形になるか”の情報を得ることは出来ない。

本発明の目的は、形状センサにより検出したタイミングよりも後のタイミングにおける挿入部の形状を未然に推定し、未然推定形状情報として出力する未然形状推定装置、挿入／抜去作業システム、挿入／抜去作業支援システム及び未然形状推定プログラムを提供することにある。

50

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の未然形状推定装置は、観察対象物の内部に挿入される可撓性を有する挿入部と、前記挿入部の湾曲状態を検出してその検出信号を出力する形状センサと、前記形状センサから出力された前記検出信号に基づいて前記挿入部の形状を示す挿入部形状情報を算出する挿入部形状算出部と、前記挿入部形状算出部により互いに異なる時刻に算出された前記挿入部形状情報を比較し、その比較結果に基づいて前記挿入部の形状変化を示す挿入部形状時間変化情報を導出する形状時間変化導出部と、前記形状時間変化導出部により導出された前記挿入部形状時間変化情報と、前記挿入部形状算出部により算出された前記挿入部形状情報とに基づいて、所定の時間経過後の前記挿入部の形状を未然に推定し、未然推定形状情報として出力する未然挿入部形状推定部とを具備する。

10

一実施形態では、前記未然形状推定装置は、 n を2以上の自然数とし、 j 、 k をそれぞれ互いに異なる n 以下の自然数とし、かつ当該 j と k との大小関係を $j < k$ とし、前記形状センサに対して、前記挿入部の形状の検出タイミングを示す第1乃至第 n のタイミング信号を出力する形状センサ制御部を含む。前記挿入部形状算出部は、前記形状センサ制御部から出力された前記第1乃至第 n のタイミング信号に含まれる第 j と第 k との各タイミング信号に対応して前記入力機能により入力された前記検出信号に基づいて第 j の挿入部形状情報と第 k の挿入部形状情報とを算出し、前記形状時間変化導出部は、前記挿入部形状算出部により算出された前記第 j の挿入部形状情報と前記第 k の挿入部形状情報とを比較し、前記第 j のタイミング信号の出力時から前記第 k のタイミング信号の出力時までの前記挿入部形状時間変化情報を求める。前記形状時間変化導出部は、前記第 j の挿入部形状情報と前記第 k の挿入部形状情報とを比較して前記挿入部において形状が殆ど変化していない形状不変化領域を抽出し、当該形状不変化領域が複数ある場合、当該各形状不変化領域の相対的な位置関係の変化に基づいて前記挿入部での形状変化の種類、当該形状変化の方向、又は当該形状変化の量のうち少なくとも1つを導出し、前記挿入部形状時間変化情報として出力する。

20

別の実施形態では、前記未然形状推定装置は、前記挿入部形状時間変化情報に基づいて前記観察対象物の内表面の形状情報を示す内面プロファイル情報の少なくとも一部を推定する観察対象物内面プロファイル情報推定部を含み、前記未然挿入部形状推定部は、前記観察対象物の前記内面プロファイル情報に基づいて前記未然推定形状情報を推定する。

30

【0011】

本発明の挿入／抜去作業システムは、観察対象物の内部に挿入される可撓性を有する挿入部と、前記挿入部の湾曲状態を検出してその検出信号を出力する形状センサと、前記挿入部を湾曲させるための操作部と、前記形状センサから出力された前記検出信号に基づいて前記挿入部の形状を示す挿入部形状情報を算出する挿入部形状算出部と、前記挿入部形状算出部により互いに異なる時刻に算出された前記挿入部形状情報を比較し、その比較結果に基づいて前記挿入部の形状変化を示す挿入部形状時間変化情報を導出する形状時間変化導出部と、前記形状時間変化導出部により導出された前記挿入部形状時間変化情報と、前記挿入部形状算出部により算出された前記挿入部形状情報とに基づいて、所定の時間経過後の前記挿入部の形状を未然に推定し、未然推定形状情報として出力する未然挿入部形状推定部とを具備する。

40

一実施形態では、前記挿入／抜去作業システムは、 n を2以上の自然数とし、 j 、 k をそれぞれ互いに異なる n 以下の自然数とし、かつ当該 j と k との大小関係を $j < k$ とし、前記形状センサに対して、前記挿入部の形状の検出タイミングを示す第1乃至第 n のタイミング信号を出力する形状センサ制御部を含む。前記挿入部形状算出部は、前記形状センサ制御部から出力された前記第1乃至第 n のタイミング信号に含まれる第 j と第 k との各タイミング信号に対応して前記入力機能により入力された前記検出信号に基づいて第 j の挿入部形状情報と第 k の挿入部形状情報とを算出し、前記形状時間変化導出部は、前記挿入部形状算出部により算出された前記第 j の挿入部形状情報と前記第 k の挿入部形状情報とを比較し、前記第 j のタイミング信号の出力時から前記第 k のタイミング信号の出力時

50

までの前記挿入部形状時間変化情報を求める。前記形状時間変化導出部は、前記第 j の挿入部形状情報と前記第 k の挿入部形状情報とを比較して前記挿入部において形状が殆ど変化していない形状不変化領域を抽出し、当該形状不変化領域が複数ある場合、当該各形状不変化領域の相対的な位置関係の変化に基づいて前記挿入部での形状変化の種類、当該形状変化の方向、又は当該形状変化の量のうち少なくとも 1 つを導出し、前記挿入部形状時間変化情報として出力する。

別の実施形態では、前記挿入 / 抜去作業システムは、前記挿入部形状時間変化情報に基づいて前記観察対象物の内表面の形状情報を示す内面プロファイル情報の少なくとも一部を推定する観察対象物内面プロファイル情報推定部を含み、前記未然挿入部形状推定部は、前記観察対象物の前記内面プロファイル情報に基づいて前記未然推定形状情報を推定する。

10

【 0 0 1 2 】

本発明の挿入 / 抜去作業支援システムは、観察対象物の内部に挿入される可撓性を有する挿入部と、前記挿入部の湾曲状態を検出してその検出信号を出力する形状センサと、前記挿入部を湾曲させるための操作部と、前記形状センサから出力された前記検出信号に基づいて前記挿入部の形状を示す挿入部形状情報を算出する挿入部形状算出部と、前記挿入部形状算出部により互いに異なる時刻に算出された前記挿入部形状情報を比較し、その比較結果に基づいて前記挿入部の形状変化を示す挿入部形状時間変化情報を導出する形状時間変化導出部と、前記形状時間変化導出部により導出された前記挿入部形状時間変化情報と、前記挿入部形状算出部により算出された前記挿入部形状情報とに基づいて、所定の時間経過後の前記挿入部の形状を未然に推定し、未然推定形状情報として出力する未然挿入部形状推定部と、前記未然挿入部形状推定部から出力された前記未然推定形状情報を報知し、前記挿入部の前記観察対象物の内部への挿入 / 抜去を支援する作業支援部とを具備する。

20

一実施形態では、前記挿入 / 抜去作業システムは、 n を 2 以上の自然数とし、 j 、 k をそれぞれ互いに異なる n 以下の自然数とし、かつ当該 j と k との大小関係を $j < k$ とし、前記形状センサに対して、前記挿入部の形状の検出タイミングを示す第 1 乃至第 n のタイミング信号を出力する形状センサ制御部を含む。前記挿入部形状算出部は、前記形状センサ制御部から出力された前記第 1 乃至第 n のタイミング信号に含まれる第 j と第 k との各タイミング信号に対応して前記入力機能により入力された前記検出信号に基づいて第 j の挿入部形状情報と第 k の挿入部形状情報とを算出し、前記形状時間変化導出部は、前記挿入部形状算出部により算出された前記第 j の挿入部形状情報と前記第 k の挿入部形状情報とを比較し、前記第 j のタイミング信号の出力時から前記第 k のタイミング信号の出力時までの前記挿入部形状時間変化情報を求める。前記形状時間変化導出部は、前記第 j の挿入部形状情報と前記第 k の挿入部形状情報とを比較して前記挿入部において形状が殆ど変化していない形状不変化領域を抽出し、当該形状不変化領域が複数ある場合、当該各形状不変化領域の相対的な位置関係の変化に基づいて前記挿入部での形状変化の種類、当該形状変化の方向、又は当該形状変化の量のうち少なくとも 1 つを導出し、前記挿入部形状時間変化情報として出力する。

30

別の実施形態では、前記挿入 / 抜去作業システムは、前記挿入部形状時間変化情報に基づいて前記観察対象物の内表面の形状情報を示す内面プロファイル情報の少なくとも一部を推定する観察対象物内面プロファイル情報推定部を含み、前記未然挿入部形状推定部は、前記観察対象物の前記内面プロファイル情報に基づいて前記未然推定形状情報を推定する。

40

【 0 0 1 4 】

本発明の未然形状推定プログラムは、コンピュータに、観察対象物の内部に挿入される可撓性を有する挿入部の湾曲状態を検出する形状センサから出力される検出信号を入力する入力機能と、前記入力機能により入力された前記検出信号に基づいて前記挿入部の形状を示す挿入部形状情報を算出する挿入部形状算出機能と、前記挿入部形状算出機能により互いに異なる時刻に算出された前記挿入部形状情報を比較し、その比較結果に基づいて前

50

記挿入部の形状変化を示す挿入部形状時間変化情報を導出する形状時間変化導出機能と、前記形状時間変化導出機能により導出された前記挿入部形状時間変化情報と、前記挿入部形状算出機能により算出された前記挿入部形状情報とに基づいて、所定の時間経過後の前記挿入部の形状を未然に推定し、未然推定形状情報として出力する未然挿入部形状推定機能とを実現する。

一実施形態では、前記未然形状推定プログラムは、前記コンピュータに、 n を2以上の自然数とし、 j 、 k をそれぞれ互いに異なる n 以下の自然数とし、かつ当該 j と k との大小関係を $j < k$ とし、前記形状センサに対して、前記挿入部の形状の検出タイミングを示す第1乃至第 n のタイミング信号を出力する形状センサ制御機能を実現する。前記挿入部形状算出機能は、前記形状センサ制御機能から出力された前記第1乃至第 n のタイミング信号に含まれる第 j と第 k との各タイミング信号に対応して前記入力機能により入力された前記検出信号に基づいて第 j の挿入部形状情報と第 k の挿入部形状情報とを算出し、前記形状時間変化導出機能は、前記挿入部形状算出機能により算出された前記第 j の挿入部形状情報と前記第 k の挿入部形状情報とを比較し、前記第 j のタイミング信号の出力時から前記第 k のタイミング信号の出力時までの前記挿入部形状時間変化情報を求める。前記形状時間変化導出機能は、前記第 j の挿入部形状情報と前記第 k の挿入部形状情報とを比較して前記挿入部において形状が殆ど変化していない形状不変化領域を抽出し、当該形状不変化領域が複数ある場合、当該各形状不変化領域の相対的な位置関係の変化に基づいて前記挿入部での形状変化の種類、当該形状変化の方向、又は当該形状変化の量のうち少なくとも1つを導出し、前記挿入部形状時間変化情報として出力する。

別の実施形態では、前記未然形状推定プログラムは、前記コンピュータに、前記挿入部形状時間変化情報に基づいて前記観察対象物の内表面の形状情報を示す内面プロファイル情報の少なくとも一部を推定する観察対象物内面プロファイル情報推定機能を実現する。前記未然挿入部形状推定機能は、前記観察対象物の前記内面プロファイル情報に基づいて前記未然推定形状情報を推定する。

【発明の効果】

【0015】

本発明は、形状センサにより検出したタイミングよりも後のタイミングにおける挿入部の形状を未然に推定し、未然推定形状情報として出力する事前形状推定装置、挿入/抜去作業システム、挿入/抜去作業支援システム及び未然形状推定プログラムを提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】図1は、本発明の挿入/抜去作業システムとしての内視鏡システムの第1の実施の形態を示す構成図である。

【図2】図2は、挿入部の先端部を示す構成図である。

【図3A】図3Aは、光ファイバセンサを湾曲形状検出部が設けられた側に湾曲したときの光伝達量を示す図である。

【図3B】図3Bは、光ファイバセンサを湾曲しないときの光伝達量を示す図である。

【図3C】図3Cは、光ファイバセンサを湾曲形状検出部が設けられた側とは反対側に湾曲したときの光伝達量を示す図である。

【図4】図4は、支援情報ユニットを示す構成図である。

【図5】図5は、検出時挿入部形状算出部により算出された第 j と第 k との各タイミング信号に対応した第 j と第 k との各検出時挿入部形状を示す図である。

【図6】図6は、形状変化領域に対する解析の例を示す図である。

【図7】図7は、図6に示す形状変化領域における第 j の操作部側中心軸 Z_{ja} と第 k の操作部側中心軸 Z_{ka} とを重ね合わせたときの形状変化領域 $KE1$ を示す図である。

【図8】図8は、第 j と第 k との各タイミング信号時における内視鏡挿入部の形状変化を示す図である。

【図9】図9は、時間経過に従ったタイミング信号 T の出力イメージを示す図である。

【図10】図10は、第 $j \sim h$ のタイミング信号 T の発生時における形状変化領域 $KE1$

10

20

30

40

50

の未然推定形状情報 $KE1h$ を推定する過程を示す図である。

【図 1 1】図 1 1 は、挿入部形状時間変化情報 KA を用いて推定される第 h のタイミング信号の発生時点における挿入部 7 の全体の未然挿入部形状情報（時間変化） Jh を示す図である。

【図 1 2】図 1 2 は、第 j と第 k と第 h との各タイミング信号の発生時点における作業者の操作が加わったときの内視鏡挿入部の各形状を示す図である。

【図 1 3】図 1 3 は、本発明の第 1 の実施の形態の第 1 の変形例における挿入部形状時間変化導出部により取得される第 j と第 k との各タイミング信号の発生時点における内視鏡挿入部の各形状変化領域の形状を示す図である。

【図 1 4】図 1 4 は、第 j と第 k とのタイミング信号の各発生時点における内視鏡挿入部の形状変化領域の接続方向の変化を示す図である。

【図 1 5】図 1 5 は、第 j と第 k との各タイミング信号に対応した第 j と第 k との各検出時挿入部形状情報を示す図である。

【図 1 6】図 1 6 は、挿入部における挿入部形状非類似領域 NLR と、挿入部進行領域 $7sr$ と、挿入部後退領域との 3 つの領域を説明するための図である。

【図 1 7 A】図 1 7 A は、第 j の検出時挿入部形状 Fj を示す図である。

【図 1 7 B】図 1 7 B は、第 k の検出時挿入部形状 Fk を示す図である。

【図 1 7 C】図 1 7 C は、観察対象物の内部空間の形状等のおおよその情報を得ている場合の第 h の検出時挿入部形状 $Fh1$ を示す図である。

【図 1 7 D】図 1 7 D は、観察対象物の内部空間の形状等のおおよその情報が無い場合の第 h の検出時挿入部形状 $Fh2$ を示す図である。

【図 1 8】図 1 8 は、本発明の第 2 の実施の形態の第 1 の変形例における第 j と第 k の検出時挿入部形状 Fj 、 Fk における第 1 乃至第 3 の特徴部の例を示す図である。

【図 1 9】図 1 9 は、本発明の第 3 の実施の形態における支援情報ユニットを示す構成図である。

【図 2 0】図 2 0 は、第 j 、 k の形状情報 Fj 、 Fk に対応する観察対象物の内部空間の内面プロファイルを示す図である。

【図 2 1】図 2 1 は、対象物内面プロファイル情報推定部による動作を説明するための図である。

【図 2 2】図 2 2 は、対象物内面プロファイル情報推定部による動作を説明するための図である。

【図 2 3】図 2 3 は、本発明の第 3 の実施の形態の第 1 の変形例における支援情報ユニットを示す構成図である。

【図 2 4】図 2 4 は、観察対象物負荷推定部の動作を説明するための図である。

【図 2 5】図 2 5 は、本発明の変形例の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

[第 1 の実施の形態]

以下、本発明の第 1 の実施の形態について図面を参照して説明する。

図 1 は挿入/抜去作業システムとしての内視鏡システム 1 の構成図を示す。本システム 1 は、作業者による作業によって、主に、観察対象物 2 の内部空間（空洞）3 の内部に内視鏡挿入部（以下、挿入部と称する）7 を挿入し、観察対象物 2 の内部空間 3 の内面を観察するために用いられる。

本システム 1 は、各構成要素として内視鏡本体部 4 と、内視鏡スコープ部 5 と、表示部 6 とを含む。内視鏡スコープ部 5 は、挿入部 7 を含む。挿入部 7 には、形状センサ 8 が搭載されている。

【0018】

本システム 1 の各構成要素について説明する。

[内視鏡スコープ部]

内視鏡スコープ部 5 は、挿入部 7 と、操作部 9 と、本体側ケーブル 10 とを含む。内視

10

20

30

40

50

鏡スコープ部 5 は、作業者により把持されて操作される。この操作により内視鏡スコープ部 5 の挿入部 7 は、観察対象物 2 の入口部としての挿入開口 2 a から挿入可能な位置に移動され、さらに観察対象物 2 の内部空間 3 に挿入される。

本体側ケーブル 10 は、内視鏡スコープ部 5 と内視鏡本体部 4 との間を接続するもので、内視鏡本体部 4 に対しては着脱可能である。本体側ケーブル 10 は、1 本又は複数本、内視鏡スコープ部 5 と内視鏡本体部 4 との間に接続される。

【0019】

挿入部 7 について具体的に説明する。挿入部 7 は、先端部 7 a と、この先端部 7 a 以外の部分とで形成されている。先端部 7 a は、硬質に形成された領域（硬質部）を含む。先端部 7 a 以外の領域は、可撓性を有するように形成されている。先端部 7 a の硬質部は、予め設定された領域（小領域）に形成される。挿入部 7 の可撓性を有する領域のうち先端部 7 a 側の一部の領域は、能動的に湾曲可能な能動湾曲部 7 b に形成されている。この能動湾曲部 7 b は、操作部 9 に設けられた操作ハンドル 11 を作業者が操作することで上下方向および左右方向に能動的に湾曲可能である。その他の挿入部 7 の領域には、受動的に湾曲可能な受動湾曲部 7 c が形成されている。受動湾曲部 7 c は、観察対象物 2 の形状に倣うことで受動的に湾曲する。この受動湾曲部 7 c は、作業者の把持の仕方、又は観察対象物 2 の挿入開口 2 a と操作部 9 との位置関係等により受動的に湾曲する。

【0020】

操作部 9 は、操作ハンドル 11 を含む。操作ハンドル 11 は、作業者によって操作され、挿入部 7 の能動湾曲部 7 b を上下方向又は左右方向に湾曲させる。操作部 9 は、例えば作業者の一方の手によって把持され、この状態で操作ハンドル 11 が操作されることにより挿入部 7 の能動湾曲部 7 b を上下方向又は左右方向に湾曲させる。操作部 9 は、作業者による操作ハンドル 11 に対する操作を受けて挿入部 7 における能動湾曲部 7 b の湾曲量を変えることが可能である。

【0021】

挿入部 7 と操作ハンドル 11 との間には、一対の操作ワイヤが複数設けられている。これら操作ワイヤは、上下方向への湾曲と、左右方向への湾曲とに用いられる。これら操作ワイヤは、例えばループ状に形成されている。操作ハンドル 11 が回転すると、操作ワイヤが挿入部 7 と操作ハンドル 11 との間で移動し、操作ハンドル 11 の回転が挿入部 7 に伝達される。これにより、挿入部 7 の能動湾曲部 7 b は、操作ハンドル 11 の操作量に応じて上下方向又は左右方向に湾曲する。

図 2 は本システム 1 における挿入部 7 の先端部 7 a の構成図を示す。挿入部 7 の先端部 7 a には、撮像素子 7 d と、対物レンズ 10 と、鉗子チャンネル 12 と、照明部 13 と、を含む当該内視鏡の用途に応じて様々な部材が設けられている。対物レンズ 10 は、撮像素子 7 d と光学的に接続されている。鉗子チャンネル 12 は、観察対象物 2 の内部空間 3 内において様々な作業や処置を行うための鉗子等を挿入するための開口である。照明部 13 は、内視鏡本体部 4 の光源部 20 から射出された光を例えば観察対象物 2 の内部空間 3 に向けて射出する。

【0022】

本システム 1 では、挿入部 7 の照明部 13 から射出された光が観察対象物 2 の内部空間 3 に照射されると、当該観察対象物 2 の内部空間 3 から反射等した光が対物レンズ 10 に入射する。挿入部 7 の先端部 7 a には、撮像素子 7 d が設けられており、当該撮像素子 7 d は、対物レンズ 10 に入射した光を撮像して撮像信号を出力する。この撮像信号は、本体側ケーブル 10 を通ってビデオプロセッサ 21 に送られる。このビデオプロセッサ 21 は、撮像素子 7 d から出力される撮像信号を画像処理して観察対象物 2 の内面の観察画像を取得する。この観察画像は、表示部 6 に表示される。

【0023】

挿入部 7 は、操作ハンドル 11 の操作により湾曲する能動湾曲部 7 b と、受動的に湾曲する受動湾曲部 7 c とを含む。受動湾曲部 7 c は、観察対象物 2 の内部空間 3 の壁面に押し当てられることにより、当該内部空間 3 の壁面の形状に倣うように湾曲する。これによ

10

20

30

40

50

り、挿入部 7 は、観察対象物 2 の内部空間 3 に挿入されると、当該観察対象物 2 の内部空間 3 の壁面に押し当てられながら当該内部空間 3 を進行する。観察対象物 2 の内部空間 3 は、観察対象物 2 の種類等により様々な形状等の導入経路を含むものとなっている。このように挿入部 7 は、当該観察対象物 2 の内部空間 3 の内部を進行できる構造を有する。

【 0 0 2 4 】

挿入部 7 の内部には、当該挿入部 7 の全体の形状を検出する形状センサ 8 が設けられている。形状センサ 8 は、例えば光ファイバセンサ（以下、光ファイバセンサ 8 として説明する）である。光ファイバセンサ 8 には、複数の検出ポイントが挿入部 7 の全体の形状検出が可能のように設けられている。

【 0 0 2 5 】

これら検出ポイントは、例えば図 3 A 乃至図 3 C に示すように光ファイバセンサ 8 を形成する光ファイバ 8 a に設けられた光吸収体（以下、湾曲形状検出部と称する）8 b から成る。これら検出ポイントは、挿入部 7 のほぼ全長に渡り、光ファイバセンサ 8 の長手方向に分散して配置されている。光ファイバセンサ 8 の構成及び原理については後述する。

挿入部 7 と操作部 9 とは機械的に接続されている。操作部 9 と本体側ケーブル 1 0 も機械的に接続されている。

【 0 0 2 6 】

[内視鏡本体部]

内視鏡本体部 4 は、図 1 に示すように光源部 2 0 と、ビデオプロセッサ 2 1 と、支援情報ユニット 2 2 と、本体メモリ 4 0 とを含む。光源部 2 0 は、キセノン、ハロゲン等のランプ類、又は L E D、レーザなどの半導体光源を含む。又、本体側ケーブル 1 0 と操作部 9 と挿入部 7 の内部には、ライトガイド等、光を導光可能な部材が挿通して設けられている。これにより、光源部 2 0 から光を射出すると、この光は、ライトガイド等を経由して挿入部 7 の先端部 7 a に設けられた照明部 1 3 から照明光として射出される。この照明光は、観察対象物 2 の内部に入射し、当該観察対象物 2 の内部を照明する。

【 0 0 2 7 】

ビデオプロセッサ 2 1 は、挿入部 7 の先端部 7 a に搭載された撮像素子 7 d から出力される撮像信号を画像処理して観察対象物 2 の内面の観察画像を取得する。撮像素子 7 d から出力される撮像信号は、挿入部 7 と、操作部 9 と、本体側ケーブル 1 0 の内部に設けられている信号線を通してビデオプロセッサ 2 1 に伝送される。ビデオプロセッサ 2 1 は、取得した観察画像を表示部 6 に表示可能な観察画像信号に変換して表示部 6 に送る。

本体メモリ 4 0 には、観察対象物 2 に関する情報と、観察対象物 2 を観察するときの観察作業の情報とが予め記憶されている。又、本体メモリ 4 0 には、支援情報ユニット 2 2 から出力される未然推定形状情報 M が記憶される。

【 0 0 2 8 】

図 4 は支援情報ユニット 2 2 の構成図を示す。支援情報ユニット 2 2 は、形状センサユニット 2 3 の一部を含む。形状センサユニット 2 3 は、光ファイバセンサ 8 と、ファイバセンサ用光源 2 4 と、光検出器 2 5 とを含む。なお、ファイバセンサ用光源 2 4 と光検出器 2 5 とは、支援情報ユニット 2 2 に含まれ、光ファイバセンサ 8 は、支援情報ユニット 2 2 に含まれないものとなっている。形状センサユニット 2 3 は、挿入部 7 の湾曲形状に対応する光情報を示す検出信号 D を出力する。形状センサユニット 2 3 の構成及びその動作の詳細は、後述する。なお、挿入部 7 の湾曲形状に対応する光情報は、光ファイバセンサ 8 内に配設している光ファイバの湾曲角に応じた光量を表す。

【 0 0 2 9 】

支援情報ユニット 2 2 は、挿入部 7 の観察対象物 2 の内部への挿入 / 抜去を支援する作業支援部として機能する。すなわち、支援情報ユニット 2 2 は、形状センサユニット 2 3 から出力される検出信号 D を受信し、この検出信号 D を処理して作業者の作業及び操作を支援するための支援情報、すなわち挿入部 7 の形状を未然に推定した未然推定形状情報 M を出力する。この支援情報ユニット 2 2 は、検出時挿入部形状算出部（以下、形状算出部

10

20

30

40

50

と称する) 30と、形状センサ制御部31と、挿入部形状時間変化導出部(以下、変化導出部と称する)32と、未然挿入部形状推定部(以下、未然形状推定部と称する)33と、作業者操作情報推定部(以下、操作推定部と称する)34と、情報記憶部35とを含む。

【0030】

なお、形状センサユニット23の一部であるファイバセンサ用光源24と光検出器25とは、支援情報ユニット22内に含む。この形状センサユニット23は、光検出器25の出力信号を処理し、検出信号Dを出力するための図示しない信号処理回路を含む。

形状算出部30は、形状センサユニット23から出力される検出信号Dを演算処理して挿入部7が湾曲したときの湾曲の方向と大きさを算出し、当該算出の結果を検出時挿入部形状情報(以下、挿入部形状情報と称する)Fとして出力する。ここでは、挿入部7は、先端部7a以外は可撓性を有するように形成されているので、湾曲している状態が多い。また、観察対象物2の内部空間3の形状も複雑に湾曲しているものが多いので、挿入部7は、直線状に配置されている状態が殆どない。従って、形状算出部30は、単に、挿入部7の形状を算出するのではなく、挿入部7が湾曲したときの湾曲の方向と大きさを算出するものとして記載する。

10

【0031】

形状算出部30は、湾曲情報メモリ30aを含む。この湾曲情報メモリ30aには、挿入部7の湾曲角と、形状センサユニット23から出力される検出信号Dにより示される光情報の変化との関係を示す情報が保存されている。又、湾曲情報メモリ30aには、光ファイバセンサ8の複数の検出ポイントの数と、これら検出ポイントの配置位置と、これら検出ポイントで検出する湾曲の方向(X方向,Y方向)との情報が保存されている。従って、形状算出部30は、形状センサユニット23から出力される検出信号Dと、湾曲情報メモリ30aに保存されている当該各情報とに基づいて挿入部7が湾曲したときの湾曲の方向と大きさを算出し、当該算出の結果を挿入部形状情報Fとして出力する。

20

【0032】

形状センサ制御部31は、形状センサユニット23が挿入部7の湾曲形状を検出するタイミングを取るためのタイミング信号Tを出力する。このタイミング信号Tは、例えば一定周期でハイレベルとなる矩形波である。ここで、 n を2以上の自然数、 j 、 k をそれぞれ互いに異なる n 以下の自然数、 j 、 k の大小関係を $j < k$ とすると、形状センサ制御部31は、第1乃至第 n のタイミングでハイレベルとなる矩形波のタイミング信号Tを出力する。この第1乃至第 n のタイミング信号Tには、第 j のタイミング信号T、第 k のタイミング信号Tが含まれる。

30

【0033】

変化導出部32は、形状センサ制御部31から出力されるタイミング信号Tを受信し、第 j のタイミング信号Tの発生時に形状算出部30から出力される挿入部形状情報F(以下、第 j の挿入部形状情報F j と称する)を受信し、第 k のタイミング信号Tの発生時に形状算出部30から出力される挿入部形状情報F(以下、第 k の挿入部形状情報F k と称する)を受信する。

変化導出部32は、形状算出部30から受信した第 j の挿入部形状情報F j と第 k の挿入部形状情報F k とを比較する。なお、第 j の挿入部形状情報F j は、便宜上、第 j の検出時挿入部形状も示すものとする。同様に、第 k の挿入部形状情報F k も便宜上、第 k の検出時挿入部形状を示すものとする。

40

【0034】

変化導出部32は、当該比較の結果に基づいて第 j のタイミング信号Tの発生時から第 k のタイミング信号Tの発生時までの期間中において、挿入部7の形状変化を解析し、当該解析の結果を挿入部形状時間変化情報(以下、形状変化情報と称する)KAとして出力する。当該形状変化情報KAの詳細については後述する。

未然形状推定部33は、形状算出部30から出力される挿入部形状情報Fと、変化導出部32から出力される形状変化情報KAとを受信し、これら挿入部形状情報Fと形状変化

50

情報 K A とに基づいて現時点のタイミングから次のタイミング、例えば現時点の第 j のタイミングから次の第 k のタイミングにおける挿入部 7 の湾曲形状を未然に推定する。未然形状推定部 3 3 は、未然に推定した挿入部 7 の湾曲形状を未然推定形状情報 M として出力する。

【 0 0 3 5 】

挿入部 7 の形状を未然に推定したい場合、作業による挿入部 7 の挿入操作を考慮したい状況にある場合がある。このような状況では、未然形状推定部 3 3 は、上記挿入部形状情報 F と上記形状変化情報 K A と共に、操作推定部 3 4 から出力される作業操作情報 L を受信する。未然形状推定部 3 3 は、これら挿入部形状情報 F と形状変化情報 K A と作業操作情報 L との組み合わせた情報に基づいて挿入部 7 の形状を未然に推定し、未然推定形状情報 M として出力する。

10

【 0 0 3 6 】

操作推定部 3 4 は、変化導出部 3 2 から出力される形状変化情報 K A を受信し、この形状変化情報 K A に基づいて作業が第 j のタイミング信号 T の発生時から第 k のタイミング信号 T の発生時までの期間中に行った作業の操作を推定し、当該推定した作業の操作を作業操作情報 L として出力する。当該作業操作情報 L については後述する。操作推定部 3 4 は、操作ハンドル 1 1 を操作したときの挿入部 7 の形状変化の位置、湾曲形状などを示すハンドル操作情報が記憶される操作情報メモリ 3 4 a を含む。

【 0 0 3 7 】

情報記憶部 3 5 には、形状センサユニット 2 3 から出力される検出信号 D と、支援情報ユニット 2 2 内で伝送される各種情報、例えば挿入部形状情報 F と、形状変化情報 K A と、作業操作情報 L と、未然推定形状情報 M とがタイミング信号 T に紐付けされて記憶されている。

20

情報記憶部 3 5 には、光ファイバセンサ 8 に設けられている複数の検出ポイント、すなわち光吸収体 8 a の各位置情報と、挿入部 7 の湾曲角と光ファイバセンサ 8 の湾曲角に応じた光量を示す検出信号 D との対応情報が記憶されている。

【 0 0 3 8 】

情報記憶部 3 5 は、支援情報ユニット 2 2 内の形状算出部 3 0 と、形状センサ制御部 3 1 と、変化導出部 3 2 と、未然形状推定部 3 3 と、操作推定部 3 4 との間で図示しない経路を通して情報の授受が可能になっている。この情報記憶部 3 5 に保存されている情報は、作業により適宜読み出し可能である。情報記憶部 3 5 と、各本体メモリ 4 0 と、湾曲情報メモリ 3 0 a と、操作情報メモリ 3 4 a とは、同一のメモリデバイスの記憶領域をそれぞれに対応付けて用いることも可能である。また、共通する情報については、本体メモリ 4 0、湾曲情報メモリ 3 0 a、操作情報メモリ 3 4 a 又は情報記憶部 3 5 のうちいずれかの一箇所に記憶させておき、図示しない経路を通じて本体メモリ 4 0、湾曲情報メモリ 3 0 a、操作情報メモリ 3 4 a、又は情報記憶部 3 5 から読み出し可能にすることが可能である。

30

【 0 0 3 9 】

本実施の形態は、内視鏡本体部 4 として光源部 2 0 と、ビデオプロセッサ 2 1 と、支援情報ユニット 2 2、本体部メモリ 4 0 との 4 つのユニットを含む例について示したが、これに限ることはない。内視鏡本体部 4 は、例えばプリンタを備えてもよい。内視鏡本体部 4 は、様々な処置や治療に必要な医療機器、さらには内視鏡システム 1 に接続可能なものの全てを備えてもよい。

40

光源部 2 0 と、ビデオプロセッサ 2 1 と、支援情報ユニット 2 2 とは、内視鏡本体部 4 の内部でそれぞれ別に機能しているが、これに限らない。光源部 2 0 と、ビデオプロセッサ 2 1 と、支援情報ユニット 2 2 とは、内視鏡本体部 4 の内部において 1 つの処理ユニットとして機能するようにしてもよい。光源部 2 0 とビデオプロセッサ 2 1 との一部の機能は、支援情報ユニット 2 2 内に組み込んでよい。さらに、内視鏡本体部 4 は、光源部 2 0、ビデオプロセッサ 2 1、支援情報ユニット 2 2 の 3 つのユニット以外のユニットと一体化することもできる。内視鏡本体部 4 は、別のユニットと組み合わせるなど、ユーザの

50

利便性や設計のし易さ、コストなど、様々な事情を考慮して自由に組み合わせることが可能である。

【 0 0 4 0 】

支援情報ユニット 2 2 は、形状算出部 3 0 と、形状センサ制御部 3 1 と、変化導出部 3 2 と、未然形状推定部 3 3 と、操作推定部 3 4 との各機能を 1 つの処理ユニットとして纏めて構成することが可能である。

これに対して支援情報ユニット 2 2 は、形状算出部 3 0 と、形状センサ制御部 3 1 と、変化導出部 3 2 と、未然形状推定部 3 3 と、操作推定部 3 4 との各機能をそれぞれ独立したユニットとして構成することも可能である。

支援情報ユニット 2 2 は、別のユニットと組み合わせるなど、ユーザの利便性や設計のし易さ、コストなど、様々な事情を考慮して自由に組み合わせることが可能である。

【 0 0 4 1 】

[表示部]

表示部 6 は、本システム 1 によって観察する観察対象物 2 の内部空間 3 と、内視鏡本体部 4 の本体メモリ 4 0 に予め記憶されている観察対象物 2 に関する情報と、観察対象物 2 を観察するときの観察作業の情報と、支援情報ユニット 2 2 から出力される未然推定形状情報 M とを表示可能である。表示部 6 は、例えば液晶、ブラウン管、LED、又はプラズマから成るモニタ用のディスプレイを含む。表示部 6 は、図 1 において便宜上 1 つであるが、これに限らず、2 つ以上を並べて配置する、或いは複数台をそれぞれ異なる場所に配置してもよい。

【 0 0 4 2 】

表示部 6 は、モニタ用のディスプレイに画像及び文字情報を表示することのみに限るものでない。ここでの表示部 6 は、音声やアラーム音等による聴覚で認識させるための出力、バイブレーション等による触覚で認識させるための出力なども含め、作業者に対して情報を報知させるための様々の情報伝達手法による出力デバイスを総称して表示部とする。

【 0 0 4 3 】

[形状センサ 8]

光ファイバセンサ（形状センサ）8 には、図 3 A 乃至図 3 C に示すように長尺の光ファイバ 8 a の側面の一部に湾曲形状検出部 8 b が設けられている。本実施の形態において用いる光ファイバセンサ 8 は、湾曲形状検出部 8 b に吸収される光量が光ファイバ 8 a の湾曲角に応じて増減する現象を利用している。これにより、光ファイバセンサ 8 は、例えば光ファイバ 8 a の湾曲角に従って湾曲形状検出部 8 b に吸収される光量が大きくなると、光ファイバ 8 a 内に透過する光量が減少する。従って、光ファイバセンサ 8 は、光ファイバ 8 a の湾曲角に応じた光量の光信号を射出するものとなる。

【 0 0 4 4 】

光ファイバセンサ 8 は、上記の通り、例えば光ファイバ 8 a により成るので、挿入部 7 が湾曲すると、この湾曲に応じて光ファイバ 8 a が湾曲し、これに伴って光ファイバ 8 a 内を伝達する光の一部が湾曲形状検出部 8 b を通じて外部に漏れ出したり、湾曲形状検出部 8 b に吸収されるなどするので、光ファイバセンサ 8 を通る光量は減少する。湾曲形状検出部 8 b の構成は、光ファイバ 8 a のクラッドの一部を取り除き、当該クラッドを取り除いた部分に光吸収部材又は色素などを塗布したものとなっている。すなわち、湾曲形状検出部 8 b は、光ファイバ 8 a の一側面に設けられ、光ファイバ 8 a の湾曲に応じて伝達する光の一部を減少させる。つまり、湾曲形状検出部 8 b は、光ファイバ 8 a の湾曲に応じて光ファイバ 8 a の光学特性、例えば光伝達量を変化させるものである。

【 0 0 4 5 】

図 3 A は光ファイバ 8 a を湾曲形状検出部 8 b が設けられた側に湾曲したときの光伝達量を示し、図 3 B は光ファイバ 8 a を湾曲しないときの光伝達量を示し、図 3 C は光ファイバ 8 a を湾曲形状検出部 8 b が設けられた側とは反対側に湾曲したときの光伝達量を示すイメージ図である。これら図に示すように光ファイバ 8 a を湾曲形状検出部 8 b が設けられた側に湾曲したときの光伝達量が最も多く、次に光ファイバ 8 a を湾曲しないときの

光伝達量、次に光ファイバ 8 a を湾曲形状検出部 8 b が設けられた側とは反対側に湾曲したときの光伝達量の順で光伝達量が減少する。

【 0 0 4 6 】

光ファイバセンサ 8 は、1 つの湾曲形状検出部 8 b を設けることにより曲げセンサとなる。光ファイバセンサ 8 は、複数の湾曲形状検出部 8 b を挿入部 7 の長手方向及び周方向に設けることにより、挿入部 7 の全体の 3 次元形状を検出できるものとなる。

光ファイバセンサ 8 は、湾曲形状検出部 8 b に色素を添付して光を波長別に分離するなどの光学的な手段を備えてもよい。これにより、光ファイバセンサ 8 は、一本の光ファイバに複数の湾曲形状検出部 8 b を設けることが可能である。

湾曲形状検出部 8 b が設けられた光ファイバを複数束ねれば、複数点で曲げ角を検出することが実現可能である。光ファイバの 1 本当たりに設ける湾曲形状検出部 8 b の数を増加すれば、光ファイバ 8 a の本数を減少することが可能である。

【 0 0 4 7 】

複数の光ファイバ 8 a を束ねれば、各光ファイバ 8 a 毎の湾曲形状検出部 8 b による光ファイバ 8 a の湾曲角の検出に対する独立性を高めることができる。これにより、湾曲形状検出部 8 b ごとの検出精度が向上し、対ノイズ性を向上することができる。

挿入部 7 には、所定の間隔、例えば 1 0 c m 毎の間隔で複数の湾曲形状検出部 8 b が設けられるように光ファイバセンサ 8 が搭載されている。このような間隔で複数の湾曲形状検出部 8 b を設ければ、挿入部 7 の全体の湾曲形状を精度高く検出することができる。各湾曲形状検出部 8 b の間隔を例えば 1 0 c m より長くすると、湾曲形状検出部 8 b の個数を減少してコストの軽減と、湾曲形状を検出するシステム構成を簡素化できる。

【 0 0 4 8 】

なお、挿入部 7 は、例えば作業員により任意の方向に湾曲させることが可能である。挿入部 7 の湾曲形状を 3 次元で検出するためには、例えば、挿入部 7 のほぼ同一の場所の異なる周方向に 2 つ以上の湾曲形状検出部 8 b を設ければよい。

形状センサユニット 2 3 は、光ファイバセンサ 8 に導光される光の光量の変化を検出する機能を含むもので、ファイバセンサ用光源 2 4 と光検出器 2 5 とを含む。光ファイバセンサ 8 は、挿入部 7 に設けられている。ファイバセンサ用光源 2 4 と光検出器 2 5 とは、支援情報ユニット 2 2 内に設けられている。

【 0 0 4 9 】

ファイバセンサ用光源 2 4 は、検出光を射出する。ファイバセンサ用光源 2 4 から射出された検出光は、光ファイバセンサ 8 に入射し、この光ファイバセンサ 8 により導光されて光検出器 2 5 に入射する。このとき検出光は、光ファイバセンサ 8 に設けられた湾曲形状検出部 8 b を通る。光検出器 2 5 は、入射した光を検出し、当該検出した光の光量を図示しない信号処理回路により検出信号 D に変換して出力する。この検出信号 D は、形状算出部 3 0 に伝送される。なお、湾曲形状検出部 8 b に色素を添付して光を波長別に分離するなどの光学的な手段を備えた光ファイバセンサ 8 がある。この光ファイバセンサ 8 を用いる場合、光検出器 2 5 は、入射した光を波長別に分離して検出し、当該検出した光の分光光量を図示しない信号処理回路により検出信号 D に変換して出力する。

【 0 0 5 0 】

[本システムの動作]

次に、上記の通り構成された本システム 1 の動作について説明する。なお、既存の内視鏡システムが有する基本的な動作についてはその説明を省略する。

作業員による本システム 1 への電源投入によって形状センサユニット 2 3 及び支援情報ユニット 2 2 にも電源が投入される。電源投入によって形状センサユニット 2 3 は、挿入部 7 の湾曲形状の検出が可能になる。これにより、形状センサユニット 2 3 は、挿入部 7 の形状が検出可能になったことを示す検出可能信号 (Ready 信号) を形状センサ制御部 3 1 に送る。

【 0 0 5 1 】

形状センサ制御部 3 1 は、検出可能信号を受信することにより形状センサユニット 2 3

10

20

30

40

50

が検出可能な状態であることを認識すると、第 1 乃至第 n のタイミング信号 T を順次出力する。この第 1 乃至第 n のタイミング信号 T は、最初のハイレベル信号を第 1 のタイミング信号とし、次のハイレベル信号を第 2 のタイミング信号とし、以下同様に、第 j のタイミング信号、第 k のタイミング信号、・・・、第 n (= 自然数) のタイミング信号とする。この第 1 乃至第 n のタイミング信号 T の発生間隔は、目的とする支援情報の内容、作業者からの要請、支援情報ユニット 2 2 及び形状センサユニット 2 3 の動作速度などにより適宜設定可能である。第 1 乃至第 n のタイミング信号 T は、一定間隔で周期的な場合、又は第 1 乃至第 n のタイミング信号の間隔が状況に応じて変更される場合もある。

【 0 0 5 2 】

形状センサユニット 2 3 は、形状センサ制御部 3 1 から出力される第 1 乃至第 n のタイミング信号 T を受信する。光検出器 2 5 は、当該第 1 乃至第 n のタイミング信号 T に応じて光ファイバセンサ 8 から出力され、湾曲形状検出部 8 b を経由した光信号を検出し、当該光信号に応じた検出信号 D を出力する。光ファイバセンサ 8 そのものの動作については公知のものを利用可能であり、その説明は省略する。

【 0 0 5 3 】

形状センサユニット 2 3 は、電源投入によりファイバセンサ用光源 2 4 を点灯させる。ファイバセンサ用光源 2 4 は、基本的に同じ明るさ、スペクトルで連続発光する検出光を射出する。この検出光は、光ファイバセンサ 8 の光ファイバ 8 a の入射端に入射する。この光ファイバセンサ 8 は、光ファイバ 8 a の入射端から入射した検出光を導光し、当該検出光を同光ファイバセンサ 8 に設けられた湾曲形状検出部 8 b を経由して光ファイバ 8 a の射出端から射出させる。この光ファイバ 8 a の射出端から射出した光は、光検出器 2 5 に入射する。

【 0 0 5 4 】

このとき光ファイバセンサ 8 は、挿入部 7 と共に湾曲すると、当該湾曲角に応じて湾曲形状検出部 8 b に吸収される光量が変化する。例えば図 3 A に示すように、光ファイバ 8 a の湾曲角が、湾曲形状検出部 8 b 側に大きくなるに従って湾曲形状検出部 8 b に吸収される光量が小さくなる。これにより、光ファイバ 8 a 内を透過する光量は増加する。このように光ファイバセンサ 8 は、挿入部 7 の湾曲角に応じた光量の光信号を出力する。この光ファイバセンサ 8 から出力された光信号は、光検出器 2 5 に入射する。この光検出器 2 5 は、入射した光信号を受光して電気信号に変換し、この電気信号を信号処理回路によって光信号の光量に応じた検出信号 D として出力する。

【 0 0 5 5 】

形状センサユニット 2 3 は、光ファイバセンサ 8 に設けられた複数の湾曲形状検出部 8 b から射出される各光信号と第 1 乃至第 n のタイミング信号 T とを対応させ、かつ複数の湾曲形状検出部 8 b から射出された各光信号の識別が付くように検出信号 D にフラグを付ける。この検出信号 D は、形状算出部 3 0 に送られる。

形状算出部 3 0 は、形状センサユニット 2 3 から出力されるフラグ付きの検出信号 D を受信し、情報記憶部 3 5 に記憶されている湾曲形状検出部 8 b の位置情報と、光ファイバの湾曲角と検出信号 D (光量) との関係を示す湾曲角光量情報とを参照し、第 1 乃至第 n のタイミング信号 T 毎における挿入部 7 が湾曲したときの湾曲の方向と大きさを算出し、挿入部形状情報 F として出力する。

【 0 0 5 6 】

すなわち、形状算出部 3 0 は、第 1 乃至第 n のタイミング信号 T 1 ~ T n のうち例えば第 j のタイミング信号 T j に紐付けられた検出信号 D に基づいて第 j の挿入部形状情報 F j を算出する。以下、同様に、形状算出部 3 0 は、形状センサ制御部 3 1 から順次出力される第 k、第 1、・・・、第 n (第 k ~ 第 n) のタイミング信号 T k、T 1、...、T n 毎に形状センサユニット 2 3 から順次出力される検出信号 D を受信し、これら第 k ~ 第 n のタイミング信号 T 毎に第 k ~ 第 n の挿入部形状情報 F k ~ F n を算出する。第 k ~ 第 n の挿入部形状情報 F k ~ F n は、支援情報ユニット 2 2 内の情報記憶部 3 5 に順次保存される。

【 0 0 5 7 】

[変化導出部 3 2 の動作]

変化導出部 3 2 は、第 1 ~ 第 n のタイミング信号 T 1 ~ T n に基づいて形状算出部 3 0 から出力されるタイミングの異なる少なくとも 2 つの挿入部形状情報 F を受信し、これら挿入部形状情報 F を比較して形状変化情報 K A を導出する。

変化導出部 3 2 は、例えば、図 5 に示すような形状算出部 3 0 により算出された第 j の挿入部形状情報 F j と、第 k の挿入部形状情報 F k とを比較する。

比較結果、変化導出部 3 2 は、挿入部 7 の湾曲形状が変化している領域を形状変化領域 K E 1 として抽出し、挿入部 7 の湾曲形状が変化していない領域を第 1 と第 2 の形状不変化領域 K E 2 a、K E 2 b として抽出する。

10

【 0 0 5 8 】

図 5 に示す第 j の挿入部形状情報 F j と第 k の挿入部形状情報 F k とを比較すると、挿入部 7 において操作部 9 側の第 1 の形状不変化領域 K E 2 a の湾曲形状と、挿入部 7 の先端部 7 a 側の第 2 の形状不変化領域 K E 2 b の湾曲形状とは、それぞれ変化していない。

これら第 1 と第 2 の形状不変化領域 K E 2 a、K E 2 b の間の形状変化領域 K E 1 では、挿入部 7 の湾曲形状が変化している。

【 0 0 5 9 】

第 1 と第 2 の形状不変化領域 K E 2 a、K E 2 b では、それぞれ挿入部 7 の湾曲形状が変化していないが、これら第 1 と第 2 の形状不変化領域 K E 2 a、K E 2 b 同士の相対的な位置関係が変化している。この相対的な位置関係は、挿入部 7 における形状変化領域 K E 1 の形状が変化したためである。

20

変化導出部 3 2 は、抽出した形状変化領域 K E 1 の湾曲形状の変化の種類の分類と、当該形状変化領域 K E 1 における湾曲形状の変化量とを算出する。挿入部 7 は、断面が略円形で、かつ可撓性を有する細長い棒状に形成されている。これにより、挿入部 7 の部分的な湾曲形状の変化としては、例えば湾曲とねじれとの 2 つの形状変化が含むものと考えられる。さらに、挿入部 7 の部分的な湾曲形状の変化としては、湾曲とねじれとが複合して発生する場合、又は湾曲とねじれとが近接した各領域でそれぞれ連続的に発生する場合などが考えられる。

【 0 0 6 0 】

30

図 6 は、形状変化領域 K E 1 に対する解析の例を示すもので、第 j のタイミング信号 T j の発生時の形状変化領域 K E 1 に対する解析の例と、第 k のタイミング信号 T k の発生時の形状変化領域 K E 1 に対する解析の例をと示す。

変化導出部 3 2 は、2 つのタイミング信号発生時、例えば第 j のタイミング信号 T j と第 k のタイミング信号 T k との各発生時における形状変化領域 K E 1 の各湾曲形状を比較する。第 j と第 k の挿入部形状情報 F j、F k とは、3 次元情報であるので、形状変化領域 K E 1 の形状情報も 3 次元情報である。

【 0 0 6 1 】

変化導出部 3 2 は、図 6 に示すように第 j と第 k の挿入部形状情報 F j、F k に基づいて形状変化領域 K E 1 の両端部の各軸方向、すなわち第 j の挿入部形状 F j の両端部の各軸方向 Z j a、Z j b と、第 k の挿入部形状 F k の両端部の各軸方向 Z k a、Z k b とを設定する。なお、Z j a は第 j の操作部側中心軸であり、Z j b は第 j の先端側中心軸である。Z k a は第 k の操作部側中心軸 Z k a であり、Z k b は第 k の先端側中心軸である。Z は、形状変化領域 K E 1 における挿入部 7 の中心軸である。

40

【 0 0 6 2 】

形状変化領域 K E 1 のうち、最も操作部 9 に近いものの操作部 9 側は、形状不変化領域 K E 2 に接続されているか、又は操作部 9 に直接接続されている。本実施の形態では、第 1 の形状不変化領域 K E 2 a に接続されている。そこで、形状変化領域 K E 1 における湾曲形状の変化の種類、当該湾曲形状の変化量、湾曲の変化の方向は、図 7 に示すように第 j の操作部側中心軸 Z j a と第 k の操作部側中心軸 Z k a とを互いに重ね合わせたときの

50

第 j の先端側中心軸 $Z_j b$ と第 k の先端側中心軸 $Z_k b$ との位置関係から算出される。

第 j と第 k の操作部側中心軸 $Z_j a$ 、 $Z_k a$ を重ね合わせると、第 j と第 k の先端側中心軸 $Z_j b$ 、 $Z_k b$ は、挿入部 7 の湾曲により同じ平面内で移動していることが分かる。このとき形状変化領域 $KE1$ は、第 j と第 k の操作部側中心軸 $Z_j a$ 、 $Z_k a$ を重ねた部分を中心として角度（以下、湾曲角と称する） θ だけ湾曲している。この角 θ は、第 j から第 k のタイミング信号 T までの期間中において挿入部 7 が湾曲したときの湾曲の変化量となる。換言すると、第 j と第 k の先端側中心軸 $Z_j b$ 、 $Z_k b$ は、同じ平面内でのみ変化しているので、挿入部 7 は、ねじれることなく、単純に湾曲変化したものであることが分かる。

【0063】

10

形状変化領域 $KE1$ の変化量及びその方向は、湾曲角の変化量及びその方向として算出することが可能となる。挿入部 7 の湾曲の場合、変化の種類は、湾曲角の変化である。湾曲角の変化量は、図 7 に示すように第 j と第 k の先端側中心軸 $Z_j b$ 、 $Z_k b$ の成す角の大きさ、すなわち角 θ である。湾曲方向は、図中矢印により示す第 j の先端側中心軸 $Z_j b$ から第 k の先端側中心軸 $Z_k b$ への移動方向（時計回り方向）である。

【0064】

変化導出部 32 は、挿入部 7 の湾曲角の変化量（角 θ ）及びその方向（時計回り方向）の情報を形状変化情報 KA として出力する。本実施の形態における形状変化情報 KA は、変化の種類が平面内の湾曲であり、変化の量が角 θ であり、変化の方向が時計回りである。この形状変化情報 KA は、未然形状推定部 33 と操作推定部 34 とにそれぞれ送られる。

20

【0065】

[操作推定部 34 の動作]

操作推定部 34 は、作業者が行った操作を推定し、この推定した作業者の操作を作業者操作情報 L として出力する。操作推定部 34 は、挿入部 7 の湾曲形状の変化が作業者の操作により成された結果であるものと仮定し、形状変化情報 KA に基づいて例えば第 j のタイミング信号 T_j と第 k のタイミング信号 T_k との期間中に行われた作業者の操作を推定し、この推定した作業者の操作を作業者操作情報 L として出力する。この推定では、作業者による操作の種類と、操作の方向と、操作量とを推定する。すなわち作業者操作情報は、作業者による操作の種類と、操作の方向と、操作量とを含んでいる。

30

【0066】

作業者の操作は、大きく分けて、操作ハンドル 11 を操作する操作ハンドル操作と、挿入部 7 を直接把持して操作する直接操作との 2 種類がある。

操作ハンドル操作は、操作ハンドル 11 を操作して挿入部 7 の能動湾曲部 7b を湾曲させるものである。

直接操作は、観察対象物 2 の内部空間 3 内に挿入されていない挿入部 7 の部分（観察対象物 2 の内部空間 3 から出ている部分）を作業者が直接把持して押し込み、引き抜き、又はひねり等の操作を行うものである。

【0067】

操作ハンドル 11 を作業員が操作したときの操作方向及びその操作量に応じた挿入部 7 の湾曲角及びその湾曲方向は、ハンドル操作情報として内視鏡スコープ部 5 の種類ごとに決まっている。操作方向は、例えば上下方向と左右方向とである。操作量は、上下方向への操作量と、左右方向への操作量とである。このようなハンドル操作情報は、例えば操作推定部 34 内に設けられている操作情報メモリ 34a に記憶されている。

40

【0068】

挿入部 7 において、湾曲する部分が能動湾曲部 7b であり、かつ当該能動湾曲部 7b の湾曲形状の変化が操作ハンドル 11 に対する作業者の操作によるものと想定される場合がある。すなわち、想定された能動湾曲部 7b の湾曲形状の変化と、実際に操作された能動湾曲部 7b の湾曲形状の変化とが一致する場合がある。この場合、能動湾曲部 7b の湾曲変化は、操作ハンドル 11 に対する作業者の操作によるものであると判定することが可能

50

である。

【 0 0 6 9 】

形状変化領域 K E 1 が能動湾曲部 7 b であると、当該能動湾曲部 7 b は、操作ハンドル 1 1 を作業者が操作することで上下方向又は左右方向に能動的に湾曲する。ところが、形状変化領域 K E 1 の形状変化が操作ハンドル 1 1 の操作による形状変化と一致しない場合がある。この場合、操作推定部 3 4 は、作業者による直接操作によるか、又は作業者による直接操作と操作ハンドル 1 1 に対する操作との両方の操作が合わさった複合操作であると推定する。

【 0 0 7 0 】

図 5 に示す挿入部 7 の湾曲形状の変化の例では、挿入部 7 の形状変化領域 K E 1 が上記の通り受動湾曲部 7 c であるので、作業員による操作は、直接操作であると判定される。直接操作は、操作部 9 又は観察対象物 2 の内部空間 3 から出ている挿入部 7 の部分を直接把持して行うので、作業者による操作の力は、形状変化領域 K E 1 における操作部 9 側の端部から加わる。

従って、操作推定部 3 4 は、形状変化領域 K E 1 の湾曲形状の変化を引き起こし得る作業員による操作が操作部 9 側から加えられたものとして作業者の操作を推定する。

操作推定部 3 4 は、第 1 と第 2 の形状不変化領域 K E 2 a、K E 2 b の形状に変形が無ければ、当該変形の無いことを考慮し、形状変化領域 K E 1 の湾曲形状の変化が作業者による操作であることを推定する。

【 0 0 7 1 】

図 5 に示す挿入部 7 の湾曲形状の変化の例では、第 1 の形状不変化領域 K E 2 a の形状は、第 j から第 k のタイミング信号 T の発生時までの期間中に変形していない。作業者の操作による力は、第 1 の形状不変化領域 K E 2 a の形状を変化させることなく当該操作の力を形状変化領域 K E 1 の操作部 9 側の端部に伝達させるような操作であることが分かる。

【 0 0 7 2 】

従って、操作推定部 3 4 は、図 8 に示すように挿入部 7 に対して操作部 9 側から挿入部 7 の軸方向に押し込むような操作 Q が加わったと推定することができる。なお、図 8 は第 j の挿入部形状情報 F j と、作業者により操作された第 k の挿入部形状情報 F k とを示す。

又、操作推定部 3 4 は、情報記憶部 3 5 に記憶されている観察対象物 2 の硬さに関する情報及び挿入部 7 の構造に基づく湾曲に要する力などに基づいて作業者が行った操作の力量のおおよその値を推定する。挿入部 7 の構造に関する構造情報は、例えば情報記憶部 3 5 に記憶されている。この構造情報は、挿入部 7 の構造に基づく部分的或いは湾曲方向ごとの湾曲のし易さ、挿入部 7 の形状保持のし易さ、挿入部 7 を湾曲させるのに必要な力などの情報を含む。

【 0 0 7 3 】

次に、作業員により挿入部 7 に対して操作が行われたときに形状変化領域 K E 1 に湾曲変形が起こるのか否かについて検証が行われる。この検証では、操作推定部 3 4 は、情報記憶部 3 5 に記憶されている挿入部 7 の構造情報、その他、観察対象物 2 の物性情報及び形状情報などの情報を参照する。

検証の結果、作業員による挿入部 7 に対する操作により形状変化領域 K E 1 に湾曲変形が起こることが検証されると、操作推定部 3 4 は、推定した作業者による操作の種類と、操作の方向と、操作の操作量とを、第 j のタイミング信号 T j と第 k のタイミング信号 T k との期間中において作業者が行った操作の種類と、操作の方向と、操作の操作量とし、作業者操作情報 L として未然形状推定部 3 3 に出力する。

【 0 0 7 4 】

作業者による操作の種類は、例えば、挿入部 7 の観察対象物 2 の内部空間 3 への押し込みを含む。操作方向は、図 8 に示すように挿入開口 2 a から観察対象物 2 の内部空間 3 の外部に出ている挿入部 7 の部分の中心軸方向を含む。

操作量は、第 j のタイミング信号 T_j と第 k のタイミング信号 T_k との各発生時における第 1 と第 2 の形状不変化領域 $KE2a$ 、 $KE2b$ の位置関係から推定される。この操作量は、図 8 に示すように形状変化領域 $KE1$ の先端側 $KE1s$ と操作部 9 側の端部 $KE1e$ との間における挿入部 7 の中心軸方向における操作変化量 $\Delta P (= \Delta P_{jk})$ として推定している。

【0075】

具体的に、操作推定部 34 は、図 8 に示すように第 j の挿入部形状情報 F_j における形状変化領域 $KE1$ の操作 Q の方向の形状変化量 ΔP_j と、第 k の挿入部形状情報 F_k における形状変化領域 $KE1$ の操作 Q の方向の形状変化量 ΔP_k との差 ΔP_{jk} 、

$$\Delta P_{jk} (= \Delta P_j - \Delta P_k)$$

が操作者による操作変化量 ΔP_{jk} であると推定する。なお、本実施の形態における第 j の挿入部形状情報 F_j における形状変化量 ΔP_j は、挿入開口 2a から観察対象物 2 の外部に出ている挿入部 7 の中心軸方向（図面上の縦方向）の変化を表す。第 k の挿入部形状情報 F_k における形状変化量 ΔP_k も同様に、挿入開口 2a から観察対象物 2 の外部に出ている挿入部 7 の中心軸方向（図面上の縦方向）の変化を表す。

【0076】

[未然形状推定部 33 の動作]

未然形状推定部 33 は、形状算出部 30 から出力される挿入部形状情報 F (F_j 、 F_k を含む) を受信し、かつ変化導出部 32 から出力される形状変化情報 KA 又は操作推定部 34 から出力される作業者操作情報 L のいずれか一方又は両方を受信する。

未然形状推定部 33 は、挿入部形状情報 F と、形状変化情報 KA 又は作業者操作情報 L のいずれか一方又は両方とに基づいて未然推定形状情報 M を算出する。

【0077】

ここで、挿入部形状情報 F と形状変化情報 KA とに基づく未然推定形状情報 M の算出について説明する。

挿入部 7 において湾曲形状が変形する部分としては、例えば図 5 に示すように両端が第 1 の形状不変化領域 $KE2a$ と第 2 の形状不変化領域 $KE2b$ とに挟まれた形状変化領域 $KE1$ である。

変化導出部 32 は、図 7 に示すように形状変化情報 KA として挿入部 7 の形状変化領域 $KE1$ における湾曲角の変化量及び湾曲方向（時計回り方向）を出力する。

【0078】

未然形状推定部 33 は、変化導出部 32 から出力された形状変化情報 KA を受信し、当該形状変化情報 KA としての挿入部 7 の形状変化領域の湾曲角の変化量及び湾曲方向（時計回り方向）に基づいて未然挿入部形状情報 M を推定する。

図 9 は過去、現在、未来の時間経過に従ったタイミング信号 T (T_1 、 T_j 、 T_k 、 T_h 、 T_n) のイメージを示す。なお、 h を k より大きな自然数とする。現在において、形状センサ制御部 31 は、既に、第 j と第 k のタイミング信号 T_j 、 T_k を出力済みであり、未来において第 h のタイミング信号 T_h を出力しようとしている。ここでは、第 j と第 k のタイミング信号 T_j 、 T_k の時間間隔 T_{jk} と、第 k と第 h のタイミング信号 T_k 、 T_h の時間間隔 T_{kh} とは等しいとする。

【0079】

未然形状推定部 33 は、第 h のタイミング信号 T_h が出力されるまで、第 1 と第 2 の形状不変化領域 $KE2a$ 、 $KE2b$ において形状変化が生ぜず、かつ形状変化領域 $KE1$ において湾曲変形が同一速度で継続して行われるものと設定する。この設定に従って未然形状推定部 33 は、図 10 に示すように未来の第 h のタイミング信号 T_h の発生時における未然挿入部形状情報 $M (= M_h)$ を推定する。

【0080】

具体的に、形状変化領域 $KE1$ の湾曲の推定では、形状変化情報 KA に従って操作の種類が湾曲操作であり、操作方向が時計回りの方向であり、操作量が第 j と第 k のタイミング信号 T_j 、 T_k の期間中における湾曲角である角 θ である。未然形状推定部 33 は、操

10

20

30

40

50

作の種類である湾曲角と、操作方向である時計回り方向と、操作量である角 θ とに基づいて第 h のタイミング信号 T_h の発生時における未然挿入部形状情報 $M (= M_h)$ を推定する。

【0081】

図10は第 $j \sim h$ のタイミング信号 $T_j \sim T_h$ の発生時における形状変化領域 KE_1 の未然推定形状情報 KE_1h を推定する過程を示す。同図は、第 j のタイミング信号 T_j の発生時における形状変化領域 KE_1 の検出形状 KE_1j と、第 k のタイミング信号 T_k の発生時における形状変化領域 KE_1 の検出形状 KE_1k と、第 h のタイミング信号 T_h の発生時点における形状変化領域 KE_1 の未然推定形状情報 KE_1h とを示す。同図に示すように形状変化領域 KE_1 は、湾曲角が一定の変化スピードで継続して変化したものとして推定される。

10

【0082】

図11は、第 h のタイミング信号 T_h の発生時における挿入部7の全体の未然挿入部形状情報(時間変化) M_h を示す。未然挿入部形状情報 M_h は、形状変化領域 KE_1 の未然推定形状情報 KE_1h と、形状変化領域 KE_1 の両端側の第1と第2の形状不変化領域 KE_2a 、 KE_2b とを含む。

次に、作業者操作情報 L を用いた場合の未然推定形状情報 M の算出について説明する。

図12は作業者の操作が加わったときの第 j 、 k 、 h のタイミング信号 T_j 、 T_k 、 T_h の発生時における挿入部7の各形状の変化を示す。すなわち、第 j の挿入部形状情報 F_j と、第 k の挿入部形状情報 F_k と、第 h の挿入部形状情報 F_h との変化を示す。

20

【0083】

作業者操作情報 L は、上記[作業者操作情報推定部の動作]の欄で説明した通り、例えば、操作の種類を押し込みとし、操作方向を挿入開口2aから観察対象物2の外部に出ている挿入部7の中心軸方向とし、操作量を操作者の操作による操作変化量 ΔP_{jk} とする。

【0084】

未然形状推定部33は、作業者操作情報 L に基づいて未来の第 h のタイミング信号 T_h の発生時における挿入部7の形状を未然に推定する。推定の方法は、上述した挿入部形状情報 F と形状変化情報 KA とに基づく未然推定形状情報 M の算出とほぼ同様である。

【0085】

30

未然挿入部形状情報 M の推定では、未然形状推定部33は、操作の種類と、操作方向と、操作量とを継続して推定したときの挿入部7の湾曲形状を未然挿入部形状情報 M として算出する。

これと共に、未然形状推定部33は、推定された作業者の操作により形状変化領域 KE_1 が湾曲し、かつ第1と第2の形状不変化領域 KE_2a 、 KE_2b の形状が変化しないものと仮定して未然挿入部形状情報 M を推定する。

【0086】

具体的に、未然形状推定部33は、上記同様に、操作の種類を押し込みとし、操作方向を挿入開口2aから観察対象物2の外部に出ている挿入部7の中心軸方向とし、操作量を図8に示す操作者による操作変化量 ΔP_{jk} として、第 h のタイミング信号 T_h の発生時における未然挿入部形状情報 $M (= M_h)$ を推定する。

40

図9に示すように本実施の形態では、第 j と第 k のタイミング信号 T_j 、 T_k の時間間隔 T_{jk} と、第 k と第 h のタイミング信号 T_k 、 T_h の時間間隔 T_{kh} とは等しい。

従って、未然形状推定部33は、第 k と第 h のタイミング信号 T_k 、 T_h の時間間隔 T_{kh} 内において作業者により操作されると予測される操作変化量 ΔP_{jk} が図12に示すように第 j と第 k のタイミング信号 T_j 、 T_k の時間間隔 T_{jk} における作業者の操作変化量 ΔP_{kh} と等しいと推定する($\Delta P_{jk} = \Delta P_{kh}$)。

【0087】

このとき、図12に示すように第 j のタイミング信号 T_j の発生時の操作変化量を ΔP_{jk} とし、第 k のタイミング信号 T_k の発生時における形状変化量を ΔP_k とし、第 h の

50

タイミング信号 T_h の発生時の形状変化量 ΔP_h とすると、当該形状変化量 ΔP_h は、

$$\Delta P_h = \Delta P_k - \Delta P_{kh} (= \Delta P_k - \Delta P_{jk}) \quad \dots (1)$$
 により求められる。

【0088】

しかるに、未然形状推定部 33 は、第 h のタイミング信号 T_h の発生時における形状変化量 ΔP_h に基づいて第 h のタイミング信号 T_h の発生時における未然挿入部形状情報 $M (= M_h)$ を推定する。

【0089】

未然形状推定部 33 は、図 12 に示すように操作推定部 34 により推定された作業者操作情報 L を用い、挿入部 7 の形状変形領域 $KE1$ における形状変形量 ΔP_h が、上記式 (1) に示す形状変化量 ΔP_h になるように、形状変化領域 $KE1$ における変形形状を推定する。本実施の形態では、形状変化領域 $KE1$ の変形形状の推定では、内視鏡構造を考慮している。

そして、未然形状推定部 33 は、未然挿入部形状情報 (時間変化) M と、未然挿入部形状情報 (作業者操作) M とを比較し、最終的な未然挿入部形状情報 M を推定する。

【0090】

このように未然挿入部形状情報 (時間変化) M と、未然挿入部形状情報 (作業者操作) M との 2 つの未然挿入部形状情報 M から最終的な未然挿入部形状情報 M を推定する方法はいくつかある。例えば、内視鏡構造や観察対象物 2 の情報、観察作業の種類など別の情報を用いて 2 つの未然挿入部形状情報 M のうちいずれか一つを選択することは好適である。2 つの未然挿入部形状情報 M の平均等を求める方法も好適である。この場合、単純に平均を求めることも好適であるし、上述した別の情報などと照らして重み付け平均を取ることでも好適である。さらに、2 つの未然挿入部形状情報 M の両方とも作業者に提示することも好適である。

【0091】

なお、本実施の形態では、図 9 に示すように第 j と第 k のタイミング信号 T_j 、 T_k の時間間隔 T_{jk} と、第 k と第 h のタイミング信号 T_k 、 T_h の時間間隔 T_{kh} とが等しいものと仮定したが、これら時間間隔 T_{jk} 、 T_{kh} とが等しくない場合でももちろん予測は可能である。

前述の通り、未然形状推定部 33 は、第 j と第 k のタイミング信号 T_j 、 T_k の期間中における挿入部 7 の形状変形領域 $KE1$ での変形及び作業員による操作は、等速で行われたと仮定しているため、例えば時間間隔 T_{jk} 、 T_{kh} が半分となる場合には、挿入部 7 の湾曲角の変化量 θ を $\theta/2$ 、操作量を $\Delta P_{jk}/2$ として未然挿入部形状情報 M を推定すればよい。他のタイミングについても同様に経過時間の比を求めることで未然挿入部形状情報 M を推定することができる。

【0092】

〔作用・効果〕

このように第 1 の実施の形態によれば、観察対象物 2 の内部空間 3 に挿入される挿入部 7 の形状を形状センサユニット 23 により検出し、当該検出した挿入部形状情報 F に基づいて例えば第 k のタイミング信号 T_k から第 h のタイミング信号 T_h までの経過時間 T_{kh} 後の挿入部 7 の形状を未然に推定し、未然推定形状情報 M として出力するので、作業者が挿入部 7 を観察対象物 2 の内部空間 3 に挿入する際に、これから形成されるであろう挿入部 7 の形状を未然に推定できる。推定した挿入部 7 の形状は、作業者に対して挿入部 7 の挿入操作時の支援情報として表示部 6 等に表示することができる。この結果、従来の内視鏡システムと比較して訓練や技能向上に要する時間を短縮することができる。経験や技能レベルの低い作業者であっても比較的容易に挿入部 7 を観察対象物 2 の内部空間 3 に挿入、抜去することが可能となる。

【0093】

言い換えると、挿入部 7 の推定形状が作業者の所望の形状で有った場合、作業者は、挿入部 7 の挿入・抜去作業を進めてよいと判断できる。一方、挿入部 7 の推定形状が所望の

形状で無かった場合、作業者は、挿入・抜去作業を変更した方がよいと判断できる。これにより、上記第1の実施の形態であれば、既存システムと比較して、訓練や技能向上に要する時間を短縮できる。作業者の経験や技能レベルが低い場合であっても、比較的容易に挿入部7の挿入・抜去を行うことができる。

【0094】

なお、上記第1の実施の形態において、変化導出部32は、2つの挿入部形状情報F、すなわち第jの挿入部形状情報F_jと第kの挿入部形状情報F_kとを比較する例を示したが、これに限るものでない。変化導出部32は、3つ以上の挿入部形状情報Fを比較することも可能である。例えば、第jの挿入部形状情報F_jと、第kの挿入部形状情報F_kと、第1のタイミング信号Tに対応した第1の挿入部形状情報F₁とである。

10

【0095】

このように3つ以上の挿入部形状情報F（F_j、F_k、F₁等）を比較することで、上記第1の実施の形態で説明した作用、効果に加え、挿入部7の形状の変化の状態、すなわち低速で安定に変化を続けているのか、加速度を持って変化しているのか、又は繰り返しの操作が行われているのかなどの情報を得ることが可能となる。

このような3つ以上の挿入部形状情報F（F_j、F_k、F₁等）を用いることを考慮して操作推定部34は、作業者操作情報Lを推定することができる。これによって未然形状推定部33は、より確度の高い未然挿入部形状情報Mを推定することができる。

〔第1の実施の形態の第1の変形例〕

次に、本発明の第1の実施の形態における第1の変形例について図面を参照して説明する。なお、本変形例では、上記第1の実施の形態と同一部分についてはその説明を省略し、上記第1の実施の形態とは相違する部分について詳細に説明する。

20

【0096】

〔第1の変形例における挿入部形状時間変化導出部の動作〕

本変形例は、変化導出部32の動作を上記第1の実施の形態と相違させたものである。

上記第1の実施の形態では、変化導出部32は、図5に示すような形状算出部30により算出された第jの挿入部形状情報F_jと、第kの挿入部形状情報F_kとを比較し、この比較の結果に基づいて挿入部7の形状が変化している領域を形状変化領域KE1として抽出し、かつ挿入部7の形状が変化していない領域を第1と第2の形状不変化領域KE2a、KE2bとして抽出する。

30

【0097】

これに対して本変形例では、変化導出部32は、挿入部7の湾曲形状が変化していない領域として抽出した第1と第2の形状不変化領域KE2a、KE2bに着目し、これら形状不変化領域KE2a、KE2bの相対的な位置関係に基づいて形状変化情報KAを導出する。

本変形例において、形状算出部30により挿入部形状情報Fを算出する動作と、変化導出部32により形状変化領域KE1及び第1と第2の形状不変化領域KE2a、KE2bを抽出する動作とは、上記第1の実施の形態と同一である。

【0098】

40

次に、本変形例における変化導出部32の動作のうち上記第1の実施の形態と相違する部分について説明する。

図13は変化導出部32の動作を説明するための図を示す。同図は、変化導出部32により取得される第jのタイミング信号T_jの発生時点における挿入部7の形状と、同変化導出部32により取得される第kのタイミング信号T_kの発生時点における挿入部7の形状とを示す。

【0099】

変化導出部32は、検出部挿入部形状算出部30により算出された第jの挿入部形状情報F_jと、第kの挿入部形状情報F_kとを比較し、挿入部7において形状が変化している形状変化領域KE1と、挿入部7において形状が変化していない第1と第2の形状不変化

50

領域 $KE2a$ 、 $KE2b$ とを抽出する。

挿入部 7 には、図 13 に示すように第 1 の形状不変化領域 $KE2a$ と形状変化領域 $KE1$ とを接続している第 1 の接続部 $C1$ と、形状変化領域 $KE1$ と第 2 の形状不変化領域 $KE2b$ とを接続している第 2 の接続部 $C2$ とがある。

【0100】

変化導出部 32 は、第 j のタイミング信号 T_j の発生時点と、第 k のタイミング信号 T_k の発生時点における第 1 の接続部 $C1$ の座標（接続部座標）と、当該第 1 の接続部 $C1$ における挿入部 7 の中心軸の接線方向である接続方向 $CD1$ とを算出する。

これと共に変化導出部 32 は、第 j のタイミング信号 T_j の発生時点と、第 k のタイミング信号 T_k の発生時点における第 2 の接続部 $C2$ の座標（接続部座標）と、当該第 2 の接続部 $C2$ における挿入部 7 の中心軸の接線方向である接続方向 $CD2$ とを算出する。

10

ここで、第 1 と第 2 の接続部 $C1$ 、 $C2$ の各接続部座標を表す座標系は、第 j の挿入部形状情報 F_j と、第 k の挿入部形状情報 F_k とが比較可能であれば、どのような座標系であってもよい。

【0101】

本変形例では、支援情報ユニット 22 は、第 j の挿入部形状情報 F_j と第 k の挿入部形状情報 F_k との最も操作部 9 側の位置を原点座標 $(0, 0, 0)$ としている。すなわち、原点座標 $(0, 0, 0)$ は、第 1 の形状不変化領域 $KE2a$ の操作部 9 側の端部に位置している。

20

又、本変形例では、支援情報ユニット 22 は、原点座標 $(0, 0, 0)$ と、第 j の挿入部形状情報 F_j と、第 k の挿入部形状情報 F_k とに基づいて第 1 の接続部 $C1$ の接続部座標と、第 2 の接続部 $C2$ の接続部座標との各座標を算出する。

【0102】

次に、第 j 、 k の各タイミング信号 T_j 、 T_k の発生時点における第 1 の形状不変化領域 $KE2a$ の各座標について説明する。

第 j のタイミング信号 T_j の発生時点における第 1 の形状不変化領域 $KE2a$ の先端側の接続部座標 $C1$ は、図 13 に示すように $(x1j, y1j, z1j)$ により表される。

第 k のタイミング信号 T_k の発生時点における第 1 の形状不変化領域 $KE2a$ の先端側の接続部座標 $C1$ は、 $(x1k, y1k, z1k)$ により表される。

30

本変形例では、原点座標 $(0, 0, 0)$ の部分と接続部座標 $C1$ の部分との間には、第 1 の形状不変化領域 $KE2a$ が存在するので、接続部座標 $C1$ $(x1j, y1j, z1j)$ と、接続部座標 $C1$ $(x1k, y1k, z1k)$ とは、等しい。

【0103】

接続方向 $CD1$ は、第 1 の形状不変化領域 $KE2a$ と形状変化領域 $KE1$ との接続方向を示すベクトルとして算出される。

接続方向 $CD2$ は、形状変化領域 $KE1$ と第 2 の形状不変化領域 $KE2b$ との接続方向を示すベクトルとして算出される。

なお、本変形例では、各接続方向 $CD1$ 、 $CD2$ のベクトルの方向の情報だけが必要であり、ベクトルの長さの情報は用いない。このため本変形例では、各接続方向 $CD1$ 、 $CD2$ の各ベクトルは、長さ「1」の単位ベクトルとして求めている。

40

【0104】

第 j のタイミング信号 T_j の発生時点における接続方向 $CD1$ のベクトルは、図 13 に示すように $(a1j, b1j, c1j)$ により表される。

第 k のタイミング信号 T_k の発生時点における接続方向 $CD2$ のベクトルは、 $(a1k, b1k, c1k)$ により表される。

原点座標 $(0, 0, 0)$ に接続されているのは第 1 の形状不変化領域 $KE2a$ であるので、第 1 の変形例において第 j のタイミング信号 T_j の発生時点における接続方向 $CD1$ のベクトル $(a1j, b1j, c1j)$ と、第 k のタイミング信号 T_k の発生時点にお

50

る接続方向 $CD1$ のベクトル $(a1k, b1k, c1k)$ とは等しい。

【0105】

次に、第 j 、 k の各タイミング信号 Tj 、 Tk の発生時点における第2の形状不変化領域 $KE2b$ の各座標についても上記第1の形状不変化領域 $KE2a$ の各座標と同様に求められる。

第 j のタイミング信号 Tj の発生時点における第2の形状不変化領域 $KE2b$ の基端側の接続部座標 $C2$ は、図13に示すように $(x2j, y2j, z2j)$ により表される。

第 k のタイミング信号 Tk の発生時点における第2の形状不変化領域 $KE2b$ の基端側の接続部座標 $C2$ は、 $(x2k, y2k, z2k)$ により表される。

第 j のタイミング信号 Tj の発生時点における接続方向 $CD1$ のベクトルは、 $(a2j, b2j, c2j)$ により表される。

第 k のタイミング信号 Tk の発生時点における接続方向 $CD2$ のベクトルは、 $(a2k, b2k, c2k)$ により表される。

【0106】

このように変換導出部32は、挿入部7の形状変化の情報を第1と第2の形状不変化領域 $KE2a$ 、 $KE2b$ の位置と方向とにより表すことができる。すなわち、第1と第2の形状不変化領域 $KE2a$ 、 $KE2b$ の間には、形状変化領域 $KE1$ が存在する。挿入部7の形状変化の情報は、第1の形状不変化領域 $KE2a$ と形状変化領域 $KE1$ との第1の接続部 $C1$ の座標 $(x1j, y1j, z1j)$ と、第2の形状不変化領域 $KE2b$ と形状変化領域 $KE1$ との第2の接続部 $C2$ の座標 $(x2j, y2j, z2j)$ と、これら座標における挿入部7の接続方向の各ベクトル $CD1$ 、 $CD2$ の情報のみで書き表すことが可能である。

【0107】

なお、図13は、挿入部7の形状変化をイメージし易くすることを目的として記載されている。同図では、第1と第2の形状不変化領域 $KE2a$ 、 $KE2b$ を点線の四角形により表し、形状変化領域 $KE1$ を湾曲形状に応じた実線により表している。変換導出部32では、点線の四角形及び実線により表すための情報を生成したり、当該情報を用いたりする必要はない。

【0108】

本変形例では、説明の便宜上、第1と第2の形状不変化領域 $KE2a$ 、 $KE2b$ の間に形状変化領域 $KE1$ が存在するようなシンプルな例を示した。実際には、形状変化領域 $KE1$ と、第1又は第2の形状不変化領域 $KE2a$ 、 $KE2b$ とが交互に繰り返して配置される場合がある。このような場合、第1と第2の形状不変化領域 $KE2a$ 、 $KE2b$ は、挿入部7側の接続部座標と、先端部側の接続部座標との2つの位置座標を含むものとなる。但し、第1と第2の形状不変化領域 $KE2a$ 、 $KE2b$ 内では、挿入部7の形状が変化しない。このように形状変化領域 $KE1$ と、第1又は第2の形状不変化領域 $KE2a$ 、 $KE2b$ とが交互に繰り返して配置される場合であっても、以下の3つの情報があれば挿入部7の形状全体を全てのタイミングで求めることができる。すなわち、あるタイミングである形状不変化領域において、当該領域における操作部9側の座標(第1の情報)と、同領域における挿入部7の先端側の座標(第2の情報)と、同先端側の接続方向のベクトル(第3の情報)とが分かれば、別のタイミングにおいては、上記第1乃至第3の情報のいずれか2つの情報が分かれば、残りの1つの情報を計算により求めることができる。

【0109】

次に、変換導出部32は、第 j と第 k のタイミング信号 Tj 、 Tk の各発生時点における操作部9側の各接続部座標 $C1$ 及び各接続方向 $CD1$ の情報を用いて形状変化領域 $KE1$ の形状変化の種類と、形状変化の方向と、形状変化の変化量とを算出する。具体的に変換導出部32は、形状変化領域 $KE1$ と、第1及び第2の形状不変化領域 $KE2a$ 、 $KE2b$ との相対的な配置関係から形状変化の種類と、形状変化の方向と、形状変化の変化量

とを算出する。すなわち、第 j のタイミング信号 T_j の発生時点と第 k のタイミング信号 T_k の発生時点とにおける第 1 の形状不変化領域 $KE2a$ の各接続部座標 $C1$ 、各接続方向 $CD1$ 同士が互いに等しい場合、変化導出部 32 は、第 2 の形状不変化領域 $KE2b$ の各接続部座標 $C2$ 、各接続方向 $CD2$ の変化を求めることにより、形状変化領域 $KE1$ と、第 1 及び第 2 の形状不変化領域 $KE2a$ 、 $KE2b$ との相対的な配置関係を求めることができる。

【0110】

本変形例では、第 1 の形状不変化領域 $KE2a$ が移動していないので、当該第 1 の形状不変化領域 $KE2a$ の接続部座標 $C1$ 及び当該接続部 $C1$ の接続方向 $CD1$ も変化せず等しい値となっている。

操作部 9 側に形状変化領域 $KE1$ が有る場合でも、本変形例では、当該注目する形状変化領域 $KE1$ を挟むように設けられた第 1 及び第 2 の形状不変化領域 $KE2a$ 、 $KE2b$ の挿入部 7 側の接続座標 $C2$ 、接続方向 $CD2$ は、等しいものとして変化の種類、方向、量を算出する。

【0111】

本変形例では、第 2 の形状不変化領域 $KE2b$ の接続方向 $CD2$ は、第 j のタイミング信号 T_j の発生時点から第 k のタイミング信号 T_k の発生時点までの期間中に、図 14 に示すように平面内で湾曲角が角 θ だけ回転している。各接続部座標 $C2$ も同一平面内において湾曲角が角 θ だけ変化している。又、挿入部 7 には、ねじれなどが発生していないことが分かる。

【0112】

このように本変形例における挿入部 7 の形状変化領域 $KE1$ における形状変化について、形状変化の種類と、形状変化の方向と、形状変化の変化量とを算出することができる。すなわち図 14 に示すように変化の種類は湾曲変化であり、変化の量は角 θ の変化である。形状変化の方向は、同図に示すように時計回り方向である。

【0113】

変化導出部 32 は、挿入部 7 の変化の種類、変化の量、変化の方向を、湾曲、角 θ 、時計回り方向の情報である形状変化情報 KA として未然形状推定部 33 と操作推定部 34 とにそれぞれ出力する。

これ以降、内視鏡システム 1 の動作は、上記第 1 の実施の形態と同様である。

なお、形状変化領域 $KE1$ と、第 1 及び第 2 の形状不変化領域 $KE2a$ 、 $KE2b$ との抽出では、形状算出部 30 により算出される挿入部形状情報 F から挿入部 7 が最も大きな変化、又は挿入部 7 の形状変化を決定付ける明確な変化をしている領域と比較して十分に小さな形状変化が発生している領域を抽出することがある。当該領域については、第 1 及び第 2 の形状不変化領域 $KE2a$ 、 $KE2b$ と同等の形状不変化領域と見做してもよい。

【0114】

このように微小な形状変化の領域を形状不変化領域と見做すことで、挿入部 7 において大きな形状変化をしている領域についてのみ、形状変化の種類と、形状変化の方向と、形状変化の変化量との変化の情報を適切に算出することが可能となる。

【0115】

変化導出部 32 は、必ずしも挿入部 7 の全体に亘って形状変化の情報を導出する必要がない。変化導出部 32 では、作業者の操作において着目している部位、又は予め登録した部位などについてのみ形状変化情報 KA を導出するようにしてもよい。これにより、変化導出部 32 の動作を簡素化することができる。

【0116】

[作用・効果]

このように第 1 の変形例によれば、変化導出部 32 によって第 1 と第 2 の形状不変化領域 $KE2a$ 、 $KE2b$ と、形状変化領域 $KE1$ とを算出し、これら形状変化領域 $KE1$ と、第 1 及び第 2 の形状不変化領域 $KE2a$ 、 $KE2b$ との相対的な配置関係から挿入部 7 の形状変化の種類と、形状変化の方向と、形状変化の変化量とを算出することが可能にな

10

20

30

40

50

る。具体的には、第 j のタイミング信号 T_j の発生時点と第 k のタイミング信号 T_k の発生時点とにおいて、第 1 と第 2 の形状不変化領域 $KE2a$ 、 $KE2b$ の間に存在する形状変化領域 $KE1$ との第 1 の接続部 $C1$ の座標と、第 2 の接続部 $C2$ の座標と、これら座標における挿入部 7 の接線方向のベクトル $CD1$ 、 $CD2$ の情報を算出するが可能になる。

【0117】

これにより、上記第 1 の実施の形態と同様に、作業者が現在の操作を継続しているときに、次のタイミングで起こり得る挿入部 7 の形状を事前（未然）に推定できる。この挿入部 7 の形状を作業者に対して挿入部 7 の挿入操作時の支援情報として表示部 6 等に表示することが可能となる。この結果、従来の内視鏡システムと比較して訓練や技能向上に要する時間を短縮することができる。経験や技能レベルの低い作業者であっても比較的容易に挿入部 7 を観察対象物 2 の内部空間 3 に挿入、抜去することが可能となる。

10

【0118】

この第 1 の変形例であれば、上記第 1 の実施の形態と比較して、形状変化情報 KA の算出を、第 1 の接続部 $C1$ の座標と、第 2 の接続部 $C2$ の座標と、ベクトル $CD1$ 、 $CD2$ という数学的に扱い易いパラメータで算出することが可能となるので、変化導出部 32 を実現するプログラム、又は本システム 1 の全体を実現するためのプログラムをシンプルにすることができる。又、当該プログラムをシンプルにするので、処理の高速化に好適である。

[第 2 の実施の形態]

次に、本発明の第 2 の実施の形態について図面を参照して説明する。なお、本実施の形態では、上記第 1 の実施の形態と同一部分についてはその説明を省略し、相違する部分について説明する。

20

第 2 の実施の形態は、変化導出部 32 の動作と、操作推定部 34 の動作と、未然形状推定部 33 の動作とを上記第 1 の実施の形態と相違させたものである。

【0119】

[変化導出部 32 の動作]

上記第 1 の実施の形態では、変化導出部 32 は、図 5 に示すような形状算出部 30 により算出された第 j の挿入部形状情報 F_j と、第 k の挿入部形状情報 F_k とを比較し、挿入部 7 の形状が変化している形状変化領域 $KE1$ と挿入部 7 の形状が変化していない第 1 及び第 2 の形状不変化領域 $KE2a$ 、 $KE2b$ とを抽出し、これら領域 $KE1$ 、 $KE2a$ 、 $KE2b$ に基づいて形状変化領域 $KE1$ の形状変化の種類と、形状変化の方向と、形状変化の変化量とを算出する構成を例に説明した。

30

【0120】

これに対して第 2 の実施の形態では、変化導出部 32 によって第 j の挿入部形状情報 F_j と、第 k の挿入部形状情報 F_k とを比較して類似形状領域を抽出し、当該類似形状領域に基づいて挿入部 7 の形状変化の種類と、形状変化の方向と、形状変化の変化量とを算出する構成である点が第 1 の実施の形態と相違している。

【0121】

図 15 は第 j の挿入部形状情報 F_j と第 k の挿入部形状情報 F_k とを示す。第 j の挿入部形状情報 F_j と第 k の挿入部形状情報 F_k とでは、それぞれ互いに形状が類似した各類似形状領域 LR を含む。第 k の挿入部形状情報 F_k による挿入部 7 の先端部 7a を含む部分には、挿入部進行領域 7sr が存在する。挿入部進行領域 7sr は、第 j のタイミング信号 T_j の発生時点から第 k のタイミング信号 T_k の発生時点までの期間中に挿入部 7 が進行した部分である。

40

【0122】

すなわち、挿入部 7 は、第 j のタイミング信号 T_j の発生時点から第 k のタイミング信号 T_k の発生時点までの期間中に、作業者による操作を受けて挿入部進行領域 7sr だけ観察対象物 2 の内部空間 3 内に進行している。当該期間中に、挿入部 7 の類似形状領域 LR の形状は、図 15 に示すように変化がない。

類似形状領域 LR の形状に変化がないのは、次の理由による。挿入部 7 は、作業者によ

50

る挿入操作により形状が観察対象物 2 の内部空間 3 の内面に倣いながら当該観察対象物 2 の内部空間 3 内に進行する。挿入部 7 の進行により当該挿入部 7 の形状は、第 j のタイミング信号 T j の発生時点から第 k のタイミング信号 T k の発生時点までの期間中においても観察対象物 2 の内部空間 3 内に倣うものとなる。従って、挿入部 7 の形状は、第 j のタイミング信号 T の発生時点での類似形状領域 L R と、第 k のタイミング信号 T の発生時点での類似形状領域 L R とにおいて変化することがない。

【 0 1 2 3 】

ここで着目する点として、第 j の挿入部形状情報 F j と第 k の挿入部形状情報 F k とでは、類似形状領域 L R の各位置に対応する挿入部 7 の位置が変化していることである。すなわち、第 j の挿入部形状情報 F j と第 k の挿入部形状情報 F k とでは、挿入部 7 が挿入により移動しているので、形状センサ 8 の各検出ポイントの各湾曲形状検出部 8 b から出力される各検出信号がそれぞれ異なるが、形状算出部 3 0 により算出される第 j の挿入部形状情報 F j と第 k の挿入部形状情報 F k とにおいては、形状が互いに略等しい各類似形状領域 L R が存在しているものとなっている。

【 0 1 2 4 】

変化導出部 3 2 は、第 j の挿入部形状情報 F j と第 k の挿入部形状情報 F k とを比較する。比較の結果、変化導出部 3 2 は、形状が互いに略等しい各類似形状領域 L R と、当該各類似形状領域 L R 以外の領域を区分し、このうち各類似形状領域 L R を抽出する。

当該各類似形状領域 L R 以外の領域には、例えば図 1 6 に示すような挿入部形状非類似領域 N L R と、挿入部進行領域 7 s r と、挿入部後退領域（図示せず）との 3 つの領域が存在する。挿入部後退領域については、後述する。

挿入部形状非類似領域 N L R は、単純に形状が明らかに異なる領域である。挿入部進行領域 7 s r は、例えば第 j のタイミング信号 T j の発生時点では存在していなかった領域に第 k のタイミング信号 T k の発生時点で新たに現れた領域である。

【 0 1 2 5 】

挿入部後退領域は、例えば第 j のタイミング信号 T j の発生時点では存在していた領域で第 k のタイミング信号 T k の発生時点で消滅した領域である。すなわち、挿入部進行領域 7 s r とは逆に、挿入部 7 が後退することにより、例えば挿入部形状類似領域 L R の一部が欠落した領域である。

図 1 5 に示す例では、変化導出部 3 2 は、形状が互いに略等しい各挿入部類似形状領域 L R と、第 k のタイミング信号 T k の発生時点に現れる挿入部進行領域 7 s r とを算出している。すなわち、作業者の操作により挿入部 7 は、観察対象物 2 の内部空間 3 において挿入部進行領域 7 s r の分だけ進行している。この進行があつたにも拘わらず挿入部 7 の操作部 9 側は、当該挿入部 7 の進行にも拘わらず略同一形状になっている。

【 0 1 2 6 】

この理由は、挿入部 7 が観察対象物 2 の内部空間 3 の形状に倣って進行するためであると推定できる。すなわち、挿入部 7 が観察対象物 2 の内部空間 3 を進行しても同じ形状を維持している領域は、観察対象物 2 に対して同一位置となる領域、すなわち挿入部類似形状領域 L R となると推定できる。

【 0 1 2 7 】

従って、図 1 5 に示す例の場合、変化導出部 3 2 は、挿入部 7 の移動方向が観察対象物 2 の内部空間 3 に向かう挿入方向であり、挿入部 7 の移動量が挿入部進行領域 7 s r の長さと同程度の量であると推定する。

変化導出部 3 2 は、挿入部 7 の挿入方向と、挿入部進行領域 7 s r の長さと同程度の量とを形状変化情報 K A として未然形状推定部 3 3 と操作推定部 3 4 とに送出する。

【 0 1 2 8 】

なお、本実施の形態で用いている形状センサユニット 2 3 は、挿入部 7 の湾曲方向を検出することが可能なように構成されている。これにより、第 j と第 k のタイミング信号 T j 、T k の各発生時点において、形状センサユニット 2 3 から出力される検出信号 D から挿入部 7 の操作の状態の一つとして、X 方向、Y 方向等の湾曲方向が判定できる。例えば

、形状センサユニット 23 から出力される検出信号 D から X 方向と Y 方向とに対して変化が無ければ、変化導出部 32 は、挿入部 7 の形状に変化が無いとする形状変化情報 K A を出力する。操作推定部 34 は、挿入部 7 の形状に変化が無いとする形状変化情報 K A を受信すると、挿入部 7 が単に挿入されているもの推定する。

同検出信号 D から X 方向と Y 方向とに対して変化が有れば、変化導出部 32 は、挿入部 7 の形状において X 方向と Y 方向とに変化が有るとする形状変化情報 K A を出力する。操作推定部 34 は、挿入部 7 の形状に変化が有るとする形状変化情報 K A を受信すると、挿入部 7 の X 方向と Y 方向とにおける形状の変化に基づいて例えば挿入部 7 に対してひねり方向にも操作されているものと推定する。

【0129】

なお、挿入部 7 における挿入部類似形状領域 R L の先端側には、挿入部進行領域 7 s r、挿入部後退領域（不図示）、又は挿入部形状非類似領域 N L R のいずれもが存在しない場合がある。この場合、挿入部 7 の先端が停止していることを示す。

挿入部類似形状領域 L R よりも操作部 9 側には、挿入部非類似形状領域 N L R が存在する場合がある。挿入部非類似形状領域 N L R は、作業者の操作によって生じたものである。

【0130】

図 16 は、作業者の操作により挿入部 7 の先端部が挿入部進行領域 7 s r の分だけ進行し、さらに操作部 9 側に挿入部形状類似領域 L R が発生している例を示す。これにより、作業者の操作の方向は、挿入部 7 の挿入方向となる。操作の量は、挿入部進行領域 7 s r の長さ

に挿入部非類似形状領域 N L R を生じるのに必要な挿入量を合わせた長さと略等しい量となる。

【0131】

[操作推定部 34 の動作]

操作推定部 34 は、作業者が行った作業者の操作を推定し、当該作業者操作情報 L として出力する。操作推定部 34 は、挿入部 7 の形状変化が作業者による操作の結果であるものと仮定し、第 j のタイミング信号 T j の発生時点から第 k のタイミング信号 T k の発生時点までの期間中に行った操作を形状変化情報 K A に基づいて推定し、作業者操作情報 L として出力する。

本実施の形態では、作業者による操作の推定については、作業者の直接操作のみを対象として説明しているが、操作推定部 34 が操作ハンドル 11 に対して行った操作も推定可能なことも言うまでもない。

【0132】

第 j の挿入部形状 F j は、第 k の挿入部形状 F k と比較することにより、図 15 に示すように挿入開口 2 a より観察対象物 2 の内部空間 3 側において、ほぼ全体が挿入部類似形状領域 L R になっている。なお、第 k の挿入部形状 F k では、作業者の操作により挿入部進行領域 7 s r の分だけ観察対象物 2 の内部空間 3 の奥に進行している。

従って、操作推定部 34 は、作業者が挿入方向の押し込み操作を行い、挿入部進行領域 7 s r の分だけ挿入部 7 が観察対象物 2 の内部空間 3 に進行したと推測する。

操作推定部 34 は、操作の種類が押し込みであり、操作方向が挿入開口 2 a から露出している挿入部 7 の中心軸方向であることを推測する。挿入部 7 の挿入量は、挿入部進行領域 7 s r の長さであることを推定する。

【0133】

挿入部進行領域 7 s r の長さは、例えば図 15 及び図 16 に示すように挿入部 7 の形状の各特徴部 C r j、C r k に基づいて推定することができる。挿入部 7 の形状の各特徴部 C r j、C r k は、形状センサユニット 23 の光ファイバセンサ 8 に設けられた各湾曲形状検出部 8 b の挿入部 7 上の位置と、検出時挿入部形状算出部 30 からの情報と、変化導出部 32 の情報などから推定することが出来る。

本実施形態における各特徴部 C r j、C r k は、それぞれ挿入部 7 が湾曲して特定の形状、例えば凸部が他の領域と比較して、より鋭角になった形状、凸状の形状等の滑らかな

10

20

30

40

50

形状でない形状部分として設定している。なお、特徴部 C_{rj} は、第 j のタイミング信号 T の発生時点に現れた形状部分であり、特徴部 C_{rk} は、第 k のタイミング信号 T の発生時点に現れた形状部分である。

【0134】

ここで、第 j のタイミング信号 T_j の発生時において、挿入部 7 の先端部 7a から例えば 20 cm の位置に配置された湾曲形状検出部 8b が丁度特徴部 C_{rj} の頂点と一致していると、当該特徴部 C_{rj} の位置は、挿入部 7 の先端から 20 cm の位置であると分かる。

第 k の挿入部形状 F_k の発生時において、挿入部 7 の先端部 7a から例えば 30 cm の位置に配置された別の湾曲形状検出部 8b と、同先端部 7a から例えば 40 cm の位置に配置された別の湾曲形状検出部 8b との中間の位置が丁度特徴部 C_{rk} の頂点と一致していると、当該特徴部 C_{rk} の位置は、挿入部 7 の先端から 35 cm の位置であると分かる。

【0135】

これにより、観察対象物 2 の内部空間 3 への挿入部 7 の挿入量、すなわち挿入部進行領域 GR の長さは、第 k のタイミング信号 T_k の発生時の特徴部 C_{rk} の位置 (35 cm) と、第 j のタイミング信号 T_j の発生時の特徴部 C_{rj} の位置 (20 cm) との差で $35\text{ cm} - 20\text{ cm} = 15\text{ cm}$ となる。

図 16 に示すように、挿入部 7 に非類似形状領域 NLR が存在する場合、挿入部 7 の挿入量は、さらに挿入部 7 における非類似形状領域 NLR の長さの変化も考慮する必要がある。この場合では、挿入部 7 における非類似形状領域 NLR が挿入部 7 の操作部 9 側にあるので、特徴部 C_{rj} 、 C_{rk} の位置を用いての挿入部進行領域 GR の長さの算出が出来ない。

このような場合、操作推定部 34 は、形状センサユニット 23 から出力される検出信号 D から挿入部 7 の長さを算出することができる。すなわち、形状センサユニット 23 は、挿入部 7 の形状情報を、相対的な位置情報として検出可能であるので、様々な数学的な手法により挿入部 7 の長さを求めることが可能となっている。

【0136】

例えば、図 16 に示すように第 j のタイミング信号 T_j の発生時点での挿入部 7 の非類似形状領域 NLR の長さ、第 k のタイミング信号 T_k の発生時点での挿入部 7 の非類似形状領域 NLR の長さとの差が、例えば 5 cm であったとすると、操作推定部 34 は、挿入部 7 の挿入量を先に求めた 15 cm に 5 cm を加えた量である 20 cm として算出する。当該挿入部 7 の挿入量である 20 cm は、作業者操作情報 L として未然形状推定部 33 に送出される。

なお、言うまでもないが、図 15 は特徴部 C_{rj} 、 C_{rk} を用いて挿入部 7 の挿入量を求める例について示すが、この例に対しても形状センサユニット 23 により検出した情報に基づいて算出された挿入部 7 の長さの差を挿入部 7 の挿入量として算出することももちろん可能である。

【0137】

[未然形状推定部 33 の動作]

未然形状推定部 33 は、変化導出部 32 から出力された形状変化情報 KA と、操作推定部 34 から出力された作業者操作情報 L のいずれか一方又は両方を受信し、形状変化情報 KA 又は作業者操作情報 L のいずれか一方又は両方に基づいて挿入部 7 の形状を未然に推定する。

本実施の形態では、図 15 を参照して作業者操作情報 L を用いた例について説明する。

前述の通り、操作の種類は、押し込みであり、操作方向は、挿入開口 2a から外部に露出している挿入部 7 の中心軸の方向であり、操作量は、挿入部進行領域 7sr の長さ、例えば 15 cm である。

未然形状推定部 33 は、操作の種類である押し込みと、操作方向である挿入部 7 の中心

10

20

30

40

50

軸の方向と、操作量である挿入部進行領域 7 s r の長さとに基づいて未然挿入部形状情報 M を推定する。

【 0 1 3 8 】

自然数 h は、k より大きな自然数とする。

形状センサ制御部 3 1 は、既に第 j と第 k のタイミング信号 T j 、T k を出力しているが、第 h のタイミング信号 T h を未だ出力しておらず、未来に出力する状態にあるものとする。ここでは、第 j と第 k のタイミング信号 T j 、T k の時間間隔は、第 k と第 h のタイミング信号 T k 、T h の時間間隔と等しいものとする。タイミング信号 T は、図 9 に示す時間経過に従った出力イメージに示す通りである。

【 0 1 3 9 】

未然形状推定部 3 3 は、挿入開口 2 a から露出している挿入部 7 の中心軸方向に向けた押し込み操作が例えば 1 5 c m だけ行われた後、さらに同じ方向に同じ操作が同じ操作量だけ行われると仮定して未然挿入部形状情報 M を推定する。

図 1 5 に示す通り第 j のタイミング信号 T j から第 k のタイミング信号 T k の発生までの期間中における作業員による操作により挿入部 7 は、観察対象物 2 の内部空間 3 に挿入されている。

【 0 1 4 0 】

従って、未然形状推定部 3 3 は、上記同様に、挿入部 7 がさらに 1 5 c m の押し込み操作されたものとして挿入部 7 の未然挿入部形状情報 M を推定する。

このとき、本実施の形態では、挿入部 7 の先端部 7 a は、これから先、観察対象物 2 の内部空間 3 における当該先端部 7 a が未だ到達していない領域まで進行することが予測されるので、当該領域、すなわち図 1 6 に示すような挿入部進行領域 7 s r のさらに先端側の情報を推定する必要がある。

【 0 1 4 1 】

図 1 7 A は第 j の挿入部形状 F j を示し、図 1 7 B は第 k の挿入部形状 F k を示す。第 k の挿入部形状 F k は、推定された挿入部進行領域 7 s r を含む。

【 0 1 4 2 】

図 1 7 C は、観察対象物 2 の内部空間 3 の例えば形状等のおおよその情報を得ている場合における第 h のタイミング信号 T h の発生時に形状算出部 3 0 から出力される挿入部形状情報 F h 1 を示す。挿入部形状情報 F h 1 には、推定された挿入部進行領域 7 s r (a) が含まれる。すなわち、未然形状推定部 3 3 は、観察対象物 2 の内部空間 3 のおおよその形状情報に基づいて挿入部進行領域 7 s r (a) がこれに倣うように挿入部 7 が進行するものとして、未然形状推定情報 M を推定している。

一方、観察対象物 2 の内部空間 3 のおおよその形状等の情報が無い場合、未然形状推定部 3 3 は、挿入部 7 の仮の形状、例えば直線形状等の予め設定された形状を仮の形状として想定し、当該仮の形状の情報に基づいて挿入部 7 の未然挿入部形状情報 M を推定する。

【 0 1 4 3 】

図 1 7 D は、観察対象物 2 の内部空間 3 の例えば形状等のおおよその情報が無い場合における第 h のタイミング信号 T の発生時に形状算出部 3 0 から出力される挿入部形状情報 F h 2 を示す。挿入部形状情報 F h 2 には、推定された挿入部進行領域 7 s r (b) が含まれる。挿入部進行領域 7 s r (b) は、上記挿入部進行領域 7 s r (a) と比較して直線形状になっている。

未然形状推定部 3 3 は、挿入部 7 における類似形状領域 L R の形状が変化しないまま挿入部 7 が作業者の挿入操作による挿入操作量だけさらに進行するものと想定して挿入部 7 の形状を未然に推定する。

【 0 1 4 4 】

このように上記第 2 の実施の形態によれば、変化導出部 3 2 によって互いに異なるタイミングの挿入部 7 の形状情報を比較して類似形状領域 L R を抽出し、当該類似形状領域 L R に基づいて挿入部 7 の形状変化の種類と、形状変化の方向と、形状変化の変化量とを算出し、操作推定部 3 4 によって作業者が押し込み操作を行ったときの挿入部進行領域 7 s

10

20

30

40

50

r の分だけ挿入部 7 が観察対象物 2 の内部空間 3 に進行したと推測し、未然形状推定部 3 3 によって操作の種類である押し込みと、操作方向である挿入部 7 の中心軸の方向と、操作量である挿入部進行領域 7 s r の長さに基づいて未然挿入部形状情報 M を推定する。

【 0 1 4 5 】

これにより、作業者が現在の操作を継続したときに、次のタイミングで起こり得る挿入部 7 の形状を未然に推定し、この推定した形状を作業者に挿入操作支援情報として表示部 6 等に表示して作業者に提供できる。この結果、従来の内視鏡システムと比較して訓練や技能向上に要する時間を短縮することができる。経験や技能レベルの低い作業者であっても比較的容易に挿入部 7 を観察対象物 2 の内部空間 3 に挿入、抜去することが可能となる。

10

特に、本実施の形態では、挿入部 7 の全体の形状が変化した場合であっても、挿入部 7 の形状が類似している類似形状領域 L R を検出するので、次のタイミングで起こり得る挿入部 7 の形状を未然に推定することができる。

[第 2 の実施の形態の第 1 の変形例]

次に、第 2 の実施の形態の第 1 の変形例について図を参照して説明する。なお、本変形例では、上記第 2 の実施の形態と同一部分についてはその説明を省略し、それとは相違する部分について説明する。

本変形例は、変化導出部 3 2 の動作が上記第 2 の実施の形態と相違する。上記第 2 の実施の形態では、挿入部類似形状領域 L R を用いて形状変化情報 K A としての挿入部 7 の移動方向と移動の量とを算出する例を示したが、本変形例では、挿入部類似形状領域 L R に代えて挿入部 7 の湾曲部の頂点の間隔である頂点部間距離同一領域を用いる。

20

【 0 1 4 6 】

[変化導出部 3 2 の動作]

図 1 8 は第 j と第 k の挿入部形状 F j 、 F k の例を示す。本変形例は、上記第 1 の実施の形態のように挿入部 7 の形状が第 1 と第 2 の形状不変化領域 K E 2 a 、 K E 2 b と、形状変化領域 K E 1 とに分類することが出来ず、かつ上記第 2 の実施の形態のように挿入部類似形状領域 L R を抽出すること出来ない場合であって、一方、複数の湾曲部が存在し、これら湾曲部の各頂点間の距離が互いに等しくなっている場合に適用される。

【 0 1 4 7 】

すなわち、例えば、第 j と第 k の挿入部形状 F j 、 F k には、それぞれ 3 つの湾曲部が存在する。これら湾曲部は、第 j の挿入部形状 F j において、第 1 の特徴部 j w 1 、第 2 の特徴部 j w 2 、第 3 の特徴部 j w 3 と称し、第 k の挿入部形状 F k において、第 1 の特徴部 k w 1 、第 2 の特徴部 k w 2 、第 3 の特徴部 k w 3 と称する。

30

第 1 の特徴部 j w 1 、第 2 の特徴部 j w 2 、・・・、第 3 の特徴部 k w 3 は、それぞれ湾曲部の頂点を有する。

第 j の挿入部形状 F j 等における第 1 乃至の第 3 特徴部 j w 1 ~ j w 3 と第 1 乃至の第 3 特徴部 k w 1 ~ k w 3 とは、互いに各頂点の間隔が等しく、かつ湾曲している各方向が等しい関係となっている。第 1 乃至の第 3 特徴部 j w 1 ~ j w 3 と第 1 乃至の第 3 特徴部 k w 1 ~ k w 3 とにおいて、互いに各頂点の間隔が等しく、かつ湾曲している各方向が等しいのは、第 1 乃至の第 3 特徴部 j w 1 ~ j w 3 と第 1 乃至の第 3 特徴部 k w 1 ~ k w 3 との位置関係を比較することにより認識される。図 1 8 中における G 1 は、第 1 乃至の第 3 特徴部 k w 1 ~ k w 3 に挟まれていない領域を示す。なお、当該領域 G 1 は、複数存在するが、図 1 8 では全ての領域 G 1 を図示することが困難であるので、一例として 1 つの領域 G 1 を示す。

40

【 0 1 4 8 】

はじめに、変化導出部 3 2 は、挿入部 7 における湾曲部の各頂点の座標を算出する。湾曲部の各頂点の座標は、第 j と第 k の挿入部形状情報 F j 、 F k から容易に求められる。

【 0 1 4 9 】

変化導出部 3 2 は、挿入部 7 における湾曲部の各頂点の座標から当該各頂点間の距離と、湾曲している各方向とを算出する。湾曲している各方向は、湾曲部の各頂点の相対的な

50

方向となる。

すなわち、第 j の挿入部形状情報 F_j において、第 1 の特徴部 jw_1 と、第 2 の特徴部 jw_2 と、第 3 の特徴部 jw_3 との相対的な位置関係及び間隔が求められる。同様に第 k の挿入部形状情報 F_k において、第 1 の特徴部 kw_1 と、第 2 の特徴部 kw_2 と、第 3 の特徴部 kw_3 との相対的な位置関係及び間隔が求められる。

【0150】

これら第 j の挿入部形状情報 F_j における第 1 の特徴部 jw_1 と、第 2 の特徴部 jw_2 と、第 3 の特徴部 jw_3 との相対的な位置関係及び間隔、及び第 k の挿入部形状情報 F_k における第 1 の特徴部 kw_1 と、第 2 の特徴部 kw_2 と、第 3 の特徴部 kw_3 との相対的な位置関係及び間隔は、それぞれ各座標の情報を共通の座標軸上において算出するようにしてもよい。

10

これら第 1 の特徴部 jw_1 と、第 2 の特徴部 jw_2 と、第 3 の特徴部 jw_3 との頂点の間隔、及び第 1 の特徴部 kw_1 と、第 2 の特徴部 kw_2 と、第 3 の特徴部 kw_3 との頂点の間隔は、それぞれスカラー量の情報として求めてもよいし、湾曲している各方向をベクトルとしての方向情報も含めて求めてもよい。

【0151】

これら位置関係及び間隔を求める場合、第 1 乃至の第 3 特徴部 $jw_1 \sim jw_3$ と第 1 乃至の第 3 特徴部 $kw_1 \sim kw_3$ とを比較するのは、如何なる技術・手法であってもよい。

変化導出部 32 は、第 j の挿入部形状情報 F_j 間における第 1 の特徴部 jw_1 と第 2 の特徴部 jw_2 と第 3 の特徴部 jw_3 との相対的な位置関係及び間隔と、第 k の挿入部形状情報 F_k における第 1 の特徴部 kw_1 と第 2 の特徴部 kw_2 と第 3 の特徴部 kw_3 との相対的な位置関係及び間隔とを比較し、略同一となる位置関係及び間隔を第 j の挿入部形状情報 F_j における第 1 の特徴部 jw_1 と第 2 の特徴部 jw_2 と第 3 の特徴部 jw_3 として抽出すると共に、第 k の挿入部形状情報 F_k における第 1 の特徴部 kw_1 と第 2 の特徴部 kw_2 と第 3 の特徴部 kw_3 として抽出する。

20

【0152】

第 1 の特徴部 jw_1 と、第 2 の特徴部 jw_2 と、第 3 の特徴部 jw_3 と、第 1 の特徴部 kw_1 と、第 2 の特徴部 kw_2 と、第 3 の特徴部 kw_3 とにおける各頂点は、当該頂点の周囲に何も無い状態であれば、直線上に存在するはずである。ところが、観察対象物 2 の内部空間 3 に挿入されることにより挿入部 7 は、観察対象物 2 の内部空間 3 の構造により湾曲させられている可能性が高い。

30

さらに、第 j 、 k の挿入部形状情報 F_j 、 F_k 間における第 1 の特徴部 jw_1 と、第 2 の特徴部 jw_2 と、・・・、第 3 の特徴部 kw_3 の各頂点は凸部であることから、挿入部 7 の凸側が観察対象物 2 の内部空間 3 に接触している部分である可能性が高い。

【0153】

又、観察対象物 2 の内部空間 3 では、当該内部空間 3 の管孔形状の特徴によって湾曲して挿入部 7 と接触し易い場所がある程度決まっている。これらのことから、第 j 、 k の挿入部形状情報 F_j 、 F_k 間における第 1 の特徴部 jw_1 と、第 2 の特徴部 jw_2 と、・・・、第 3 の特徴部 kw_3 の各頂点の相対的な位置関係、間隔が略等しい場合、挿入部 7 は、観察対象物 2 の内部空間 3 における同じ内壁面に接触している可能性が高い。すなわち、挿入部 7 は、同じ場所に存在していると推定することができる。

40

【0154】

しかるに、変化導出部 32 は、第 j の挿入部形状 F_j における第 1 乃至第 3 の特徴部 $jw_1 \sim jw_3$ の相対的な位置関係と、第 k の挿入部形状 F_k における第 1 乃至第 3 の特徴部 $kw_1 \sim kw_3$ の相対的な位置関係とが略等しい場合、第 1 の特徴部 jw_1 と第 1 の特徴部 kw_1 とが同一位置に存在し、第 2 の特徴部 jw_2 と第 2 の特徴部 kw_2 とが同一位置に存在し、第 3 の特徴部 jw_3 と第 3 の特徴部 kw_3 とも同一位置に存在するものと判定する。

【0155】

50

さらに、変化導出部 32 は、第 1 乃至の第 3 特徴部 $jw1 \sim jw3$ と第 1 乃至の第 3 特徴部 $kw1 \sim kw3$ との各頂点の間隔と、湾曲している各方向との情報に基づいて挿入部 7 の移動方向と、移動量とを求める。すなわち、移動方向については、第 j の挿入部形状情報 Fj と第 k の挿入部形状情報 Fk とを比較すると、挿入部 7 は、図 18 に示すように挿入部進行領域 GR の分だけ観察対象物 2 の内部空間 3 に伸びていることが分かる。これにより、移動方向は、挿入部 7 の挿入方向となる。挿入部 7 の移動の量は、挿入部進行領域 GR の長さと同程度の長さに対して第 1 乃至の第 3 特徴部 $kw1 \sim kw3$ までの長さの差を加えた長さとなる。なお、挿入部 7 の移動量の求め方については、上記第 2 の実施の形態における挿入部 7 の移動量の求め方と同様に求めることが可能である。さらに、上記第 2 の実施の形態における挿入部 7 の形状を未然に推定する手法と同じ手法を用いて未然形状情報 M を推定できる

10

【0156】

これにより、作業者が現在の操作を継続したときに、次のタイミングで起こり得る挿入部 7 の形状を未然に推定し、この推定した形状を作業者に挿入操作支援情報として表示部 6 等に表示して作業者に提供できる。この結果、従来の内視鏡システムと比較して訓練や技能向上に要する時間を短縮することができる。経験や技能レベルの低い作業者であっても比較的容易に挿入部 7 を観察対象物 2 の内部空間 3 に挿入、抜去することが可能となる。

特に、本実施の形態では、挿入部 7 の全体の形状が変化した場合であっても、挿入部 7 の形状が類似している類似形状領域 LR を検出するので、次のタイミングで起こり得る挿入部 7 の形状を未然に推定することができる。

20

[第3の実施の形態]

次に、本発明の第 3 の実施の形態について図面を参照して説明する。なお、第 1 及び第 2 の実施の形態と同一部分には同一符号を付してその詳しい説明は省略する。

本実施の形態の上記第 1 及び第 2 の実施の形態と相違する点は、観察対象物 2 の内部空間 3 における内面プロファイルの少なくとも一部を推定する内面プロファイル情報推定部（以下、プロファイル推定部と称する）50 を含むところである。

【0157】

内面プロファイルは、観察対象物 2 の内部空間 3 の内表面の形状情報を示す。内視鏡をはじめとする挿入/抜去作業システムは、作業を行う観察対象物 2 が狭い内部空間 3 を含む場合が多い。挿入部 7 は、当該観察対象物 2 が狭い内部空間 3 の形状に沿って観察対象物 2 における内部空間 3 の奥方向に向かって進行し、作業を行う。

30

このため、挿入/抜去作業システムの挿入部 7 は、その一部が観察対象物 2 の内部空間 3 の内面と接触しながら作業者の操作によって奥方向に進行する。従って、挿入部 7 が観察対象物 2 の内面に接触しているところが推定できれば、観察対象物 2 の内面プロファイルをおおよそ推定することが出来る。観察対象物 2 の内面プロファイルが推定できれば、挿入部 7 の形状の未然の推定に活用することができる。これにより、作業者に内面プロファイル情報を提供することが可能となり、より容易に挿入/抜去作業システムが実現できる。

【0158】

40

図 19 は支援情報ユニット 22 の構成図を示す。支援情報ユニット 22 の基本的な構成は、上記第 1 の実施の形態と同一である。本実施の形態における支援情報ユニット 22 は、観察対象物 2 のプロファイル推定部 50 を含む。すなわち、支援情報ユニット 22 は、形状算出部 30 と、形状センサ制御部 31 と、変化導出部 32 と、未然形状推定部 33 と、操作推定部 34 とに加え、観察対象物 2 のプロファイル推定部 50 を含む。

プロファイル推定部 50 は、変化導出部 32 からの情報を受けて観察対象物 2 の内面プロファイル情報 FD を推定し、当該内面プロファイル情報 FD を未然形状推定部 33 に送る。内面プロファイル情報 FD は、支援情報として表示部 6 を経由して作業者に情報提供されることも可能である。

【0159】

50

次に、上記の如く構成された支援情報ユニット 22 の動作について説明する。

支援情報ユニット 22 の基本的な動作は、上記第 1 と第 2 の実施の形態と同一であり、相違する部分について説明する。

プロファイル推定部 50 は、変化導出部 32 からの情報に基づいて観察対象物 2 の内面プロファイルを推定する。プロファイル推定部 50 は、未然プロファイル情報メモリ 50a を含む。未然プロファイル情報メモリ 50a には、観察対象物 2 の内面プロファイルに関する未然情報が予め記憶されている。

【0160】

プロファイル推定部 50 は、未然プロファイル情報メモリ 50a に予め記憶されている観察対象物 2 の内面プロファイルに関する事前情報を用いて観察対象物 2 の内面プロファイル

10

【0161】

[プロファイル推定部 50 の動作]

プロファイル推定部 50 は、変化導出部 32 からの情報について下記第 1 ～ 第 5 の機能のように観察対象物 2 の内面プロファイルを推定する。

(第 1 の機能)

挿入部 7 の全体の形状は時間的に変化しているにも拘わらず、部分的に同じ形状の領域が存在する場合がある。この場合、挿入部 7 の同じ形状の領域は、観察対象物 2 の内部空間 3 の内面形状に倣った形状となっているためであると仮説を立て、内面プロファイルとほぼ近い形状を現していると推定する。

20

(第 2 の機能)

特徴部の位置関係、例えば、第 j の挿入部形状 F_j における第 1 乃至第 3 の特徴部 jw₁ ～ jw₃ の相対的な位置関係と、第 k の挿入部形状 F_k における第 1 乃至第 3 の特徴部 kw₁ ～ kw₃ の相対的な位置関係とが等しい場合、挿入部 7 は、観察対象物 2 内部空間 3 における同じ位置にあり、例えば各特徴部 jw₁ ～ jw₃ である頂点（外側）は、観察対象物 2 の内部空間 3 の内面に接していると推定する。

(第 3 の機能)

上記第 2 の機能と同様に、各特徴部の位置関係が等しい場合であって、各特徴部 jw₁ ～ jw₃ の間の領域が凸状になっている場合は、当該領域も観察対象物 2 の内部空間 3 の内面と接していると推定する。

30

(第 4 の機能)

複数の不連続な内面プロファイル領域について、滑らかに接続することが可能な場合にはこれを根拠として内面プロファイルを推定する。

(第 5 の機能)

推定した複数の内面プロファイルが滑らかにつながらない場合は、優先順位を第 1 の機能、第 2 の機能、第 3 の機能、第 4 の機能の順とし、下位のものについては内面プロファイルを推定できない場合としてこの推定による情報を削除する。

【0162】

次に、プロファイル推定部 50 の動作について説明する。この動作の説明では、上記第 1 と第 2 の実施の形態で説明した例について内面プロファイルを推定する一例について上記図 5 に示す第 1 の実施の形態の例を用いて説明する。なお、事前情報として、観察対象物 2 は、生体の臓器であることが与えられているとする。観察対象とする臓器は、挿入部 7 の押圧力により観察対象物 2 内をある程度移動可能であることが与えられているとする。これらの事前情報は、プロファイル推定部 50 の未然プロファイル情報メモリ 50a に記憶されているものとする。さらに、臓器は、例えば大腸のように筒状の臓器であることが未然プロファイル情報メモリ 50a に記憶されているものとする。

40

【0163】

このような場合のプロファイル推定部 50 による内面プロファイル推定のプロセスについて説明する。

プロファイル推定部 50 は、第 1 の機能により形状不変領域 KE2a、KE2b の周

50

囲に内面プロファイルを推定する。

次に、プロファイル推定部 50 は、第 3 の機能により形状変化領域 K E 1 の湾曲の頂点（外側）の内面プロファイルを推定する。

最後に、プロファイル推定部 50 は、観察対象物 2 が筒状であるという情報から湾曲の頂点の内側のプロファイルを推定する。この例の場合、プロファイル推定部 50 は、挿入部 7 が存在している領域の全体について内面プロファイルを推定することが可能である。なお、挿入部 7 の先端側の形状不変化領域 K E 2 b では、観察対象物 2 の内壁が移動しており、これに伴って内面プロファイルも変化している。

【0164】

次に、上記図 15 に示す第 2 の実施の形態の例を用いて説明する。この例では、観察対象物 2 の内面プロファイルに関する情報は、未然プロファイル情報メモリ 50 a に記憶されていないものと仮定する。この場合、図 21 に示すように挿入部 7 の全体の内面プロファイルを推定することは出来ない。

プロファイル推定部 50 は、第 2 の機能により 3 箇所の凸部について、観察対象物 2 の内面に接しているものと仮定して内面プロファイルを推定する。

これと共に、プロファイル推定部 50 は、第 3 の機能により挿入部 7 における挿入部類似形状領域 L R の凸方向の側面について、挿入部 7 が観察対象物 2 の内面に接触しているものと仮定し、内面プロファイルを推定する。

【0165】

さらにプロファイル推定部 50 は、第 4 の機能によって、第 1 の機能による推定と第 3 の機能による推定とにより不連続な部分が滑らかに繋がりそうな領域（例えば、図 21 上部に点線により示す内面プロファイル P N）を接続して内面プロファイルの推定可能な領域を拡大する。なお、この例では、内面プロファイルを挿入部 7 の全体に亘って推定することは出来ないが、筒状を仮定したりすることで、推定できない部分についても情報提供、表示等行うことも可能である。推定した対象物内面プロファイル情報 F D は、情報記憶部 35 に記憶される。又、対象物内面プロファイル情報 F D は、表示部 6 に出力されることも可能である。

【0166】

さらに、上記図 18 に示す第 2 の実施の形態の例を用いて説明する。この例についても観察対象物 2 の内面プロファイルに関する情報は未然プロファイル情報メモリ 50 a に記憶されていないものと仮定する。この場合、図 15 に示す例と同様に全体の内面プロファイルを推定することは出来ず、第 2 の機能により特徴部の相対的な位置関係が略等しいことを利用し、観察対象物 2 に対し同じ領域にあると推定できる。このとき、第 1 の特徴部 j w 1 と第 2 の特徴部 j w 2 の間、及び第 2 の特徴部 j w 2 と第 3 の特徴部 j w 3 との間の領域は、同図右側に若干凸形状となっている。これにより、第 3 の機能により当該領域についても図 22 に示すように内面プロファイルを推定できる。

【0167】

さらに、第 j の挿入部形状 F j では、第 2 の特徴部 j w 1 と第 3 の特徴部 j w 3 との間の領域は図右下側に凸であるが、第 k の挿入部形状 F k では、第 2 の特徴部 k w 1 と第 3 の特徴部 k w 3 若干左上側に凸形状となっている。従って、当該領域の左上側のプロファイルについては、第 j の検出時挿入部形状 F j では内面プロファイルを推定できないが、第 k の挿入部形状 F k を用いることで第 3 の機能により内面プロファイルを推定できる。

【0168】

なお、一旦、内面プロファイルが推定できた領域であっても、その後、挿入部 7 の形状変化により推定できない領域に変化することがある。このような場合、観察対象物 2 の内面が出現したり消滅したりするとは考えにくいので、内面プロファイルは存在するものとしてプロファイル推定部 50 は、動作を継続する。

【0169】

さらに、本実施の形態では、挿入／抜去作業システムは内視鏡装置としている。プロファイル推定部 50 は、当然内視鏡装置に含まれる撮像素子 7 d から出力される撮像信号を

10

20

30

40

50

画像処理することによって観察画像を取得し、この観察画像などを用いて内面プロファイル情報を推定することが可能である。例えば、プロファイル推定部50は、観察画像から観察対象物2の内面が広い空間であるのか、筒状であるのかを知ることが可能である。プロファイル推定部50は、これらの情報を元に自動または作業者からの入力により内面プロファイル情報の信頼度を向上することができる。

プロファイル推定部50は、上述のプロセスにより推定した内面プロファイル情報FDを情報記憶部35に記憶し、かつ未然形状推定部33に出力する。また、表示部6に出力することも可能である。

【0170】

[未然形状推定部33の動作]

未然形状推定部33の動作について、上記図5、図20に示した第1の実施の形態で用いた例を用いて説明する。

図20は、第j、kの挿入部形状情報Fj、Fkに対応する観察対象物2の内部空間3の内面プロファイルG2j、G2kを示す。

前述の通り、観察対象物2は、例えば大腸のような筒状の内面プロファイルを有している。観察対象物2の内部を移動可能であることの情報が未然プロファイル情報メモリ50aに記憶されている。

【0171】

図20に示す通り、第jの挿入部形状Fjと第kの挿入部形状Fkとの間に挿入部7の先端側において観察対象物2の内面プロファイルG2j、G2kは大きく変形している。この内面プロファイルG2j、G2kの変形は、挿入部7からの押圧力によるものである。又、生体内で臓器が移動可能であっても、臓器には移動の限界がある。これにより、挿入部7に同じ押圧力を加えたとき、挿入部7は、同じだけ変形することはなく、徐々に変形量は小さくなることが予想される。なお、GF1は、第1の機能により推定された内面プロファイルを示し、GF2は、第3の機能により推定された内面プロファイルを示す。

【0172】

これらの情報を考慮し、未然形状推定部33は、上記第1の実施の形態の上記図10、図11及び図12に示した第hのタイミング信号Thの発生時の未然挿入部形状情報Mと比較してその変形例は小さいものと推定する。

このとき、観察対象物2の内面が移動できる距離や移動に必要な応力などの情報が予め未然プロファイル情報メモリ50aに記憶されている場合、未然形状推定部33は、当該情報を用いて適切な物理的な演算を行って未然挿入部形状情報Mを推定する。推定した未然挿入部形状情報Mは、情報記憶部35に記憶される。

【0173】

なお、上記説明では観察対象物2の内面プロファイルG2j、G2kが移動可能である例を示したが、例えば工業配管などのように移動不可能であることが未然プロファイル情報メモリ50aに記憶されている場合、未然形状推定部33は、観察対象物2の内面プロファイルG2j、G2kが移動しないものとして推定された内面プロファイルの内部にのみ挿入部7が存在しえるものとして未然挿入部形状情報Mを推定する。

【0174】

このように第3の実施の形態のように構成することで、作業者が現在の操作を継続したときに、次のタイミングで起こり得る挿入部7の形状を未然に推定し、これを作業者に挿入操作支援情報として表示・提供することが可能となる。この結果、本実施の形態は、従来の内視鏡システムと比較して訓練や技能向上に要する時間を短縮したり、経験や技能レベルの低い作業者であっても比較的容易に内視鏡を挿入、抜去することが可能となるなどの効果が期待できる。

【0175】

特に、本実施の形態のように観察対象物2の内面プロファイルG2j、G2kを推定可能とすることで、観察対象物2の内部空間3の構造情報や、観察対象物2と挿入部7との位置関係などを情報提供可能となるため、作業者はその時々を情報を直感的に把握し易い

10

20

30

40

50

などの効果を奏する。

〔第3の実施の形態の第1の変形例〕

次に、第3の実施の形態の第1の変形例について説明する。

図23は本変形例の支援情報ユニット22の構成図を示す。上記実施の形態では、プロファイル推定部50を含む例について示したが、本変形例における支援情報ユニット22は、図23に示すように観察対象物2の負荷推定情報を推定する観察対象物負荷推定部(以下、負荷推定部と称する)60を含むところが上記第3の実施の形態と相違する。

負荷推定部60は、プロファイル推定部50からの内面プロファイル情報FDと、検出時挿入部形状推定部30からの挿入部形状情報Fと、操作推定部34からの作業者操作情報Iと、および/または未然形状推定部33からの未然挿入部形状情報Mとを組み合わせ

10

【0176】

内面プロファイル情報FDと挿入部形状情報Fとを組み合わせた例について説明する。この例では、観察対象物2は、挿入部7に対して十分に硬く、観察対象物2の内面プロファイルは変形しないものとする。

まず、図24に示すように第jの挿入部形状Fjであったものが第kの挿入部形状Fkに変形したものとする。挿入部7は、外部から負荷が掛かっていない場合、おおよそ直線形状を維持する。第jの挿入部形状Fjの場合、図24左図に示すように、挿入部7の先端部7aは、観察対象物2に接触することで押圧力FOが加わり、湾曲した形状となっている。

20

【0177】

次に、作業者がさらに挿入部7に対して押し込み方向の操作を行った結果、挿入部7は、第kの挿入部形状Fkとなった。このとき挿入部7は、少なくとも3箇所観察対象物2に接触することでこの形状となっている。

負荷推定部60は、支援情報ユニット22内の情報記憶部35に記憶されている挿入部7のたわみ易さやその形状となるために必要な押圧力などの情報を用いて適切な演算を行い、求められた押圧力の反力として、挿入部7が観察対象物2に掛けている押圧力を推定する。負荷推定部60が推定した観察対象物負荷情報KGは、情報記憶部35に記憶される。

【0178】

30

さらに、観察対象物2が生体のように内面プロファイルが変形したり移動したりする場合であっても、観察対象物2の変形のしやすさや変形に必要な押圧力の情報などを情報記憶部35に記憶させることで、負荷推定部60は、同様の手法により観察対象物2に掛かる押圧力を推定することが可能となる。

このとき、負荷推定部60は、操作推定部34からの作業者操作の情報である操作の種類、方向、量の情報を活用することで押圧力FOに影響を及ぼす直接的な操作を推定することが可能である。これにより、より押圧力FOの値やその影響などについての精度を向上することが出来る。

【0179】

又、さらに負荷推定部60は、未然挿入部形状情報Mを組み合わせることも可能である。未然挿入部形状情報Mを用いた場合でも、プロファイル推定部50の基本的な動作は変わらないが、この情報を用いることで、未来のタイミングで観察対象物2に負荷される押圧力を未然に知ることが可能となる。

40

【0180】

本実施の形態の第1の変形例のように、観察対象物2に掛かる負荷(押圧力FO)を推定することで、観察対象物2に掛かっている押圧力FO等を推定することが可能となる。これにより、過去、現在または未来において観察対象物2への負荷を定性的、あるいは定量的に評価することが可能となる。さらに、観察対象物2が生体の場合、患者の受ける痛みや、臓器の破損の恐れなどを推定することが可能となり、医療用内視鏡などでは、患者の負荷軽減や臓器破損等のリスクを軽減することが可能となる。

50

なお、上記第 1 の実施の形態と同様に、従来の内視鏡システムと比較して訓練や技能向上に要する時間を短縮したり、経験や技能レベルの低い作業員であっても比較的容易に内視鏡を挿入、抜去することが可能となるなどの効果が期待できることは言うまでもない。

【0181】

[第 4 の実施の形態]

次に、本発明の第 4 の実施の形態について図面を参照して説明する。なお、本実施の形態では、上記第 1 乃至第 3 の実施の形態と共通の部分についてはその説明を省略し、それとは相違する部分についてのみ詳細に説明する。

本実施の形態において操作推定部 34 は、未然作業員操作情報を推定する未然操作推定部 34 として機能するところが上記第 1 乃至第 3 の実施の形態とは相違する。以下、操作推定部 34 を未然操作推定部 34 として読み替えて説明する。

10

【0182】

上記第 1 及び第 2 の実施の形態では、操作推定部 34 は、挿入部形状情報 F に基づいて過去又は現在までに行われた作業員の操作を推定した。未然形状推定部 33 は、過去又は現在までに行われた作業員の操作がそのまま継続した場合のみを想定して事前（未然）挿入部形状情報 M を推定していた。

【0183】

これに対し本実施の形態の未然操作推定部 34 は、未来に作業員が行う可能性のある作業員操作を未然に推定し、それを未然形状推定部 33 に向けて出力する。なお、未然操作推定部 34 以外の構成・機能は、基本的に上記第 1 乃至第 3 の実施の形態と共通である。

20

【0184】

[未然操作推定部 34 の動作]

作業員操作情報推定部 34 は、上記第 1 の実施の形態で説明した動作により作業員操作情報 L を推定する。この作業員操作情報 L は、過去又は現在までに行われた作業員操作に関する情報である。作業員操作情報 L は、操作の種類、操作の方向、操作の量の情報を含む。

未然操作推定部 34 は、これらの作業員操作情報 L を入力し、未来の作業員操作である未然作業員操作情報 L (= L F) を推定する。未然操作推定部 34 は、作業員操作情報推定部 34 が含む形状変化情報 K A も受信し、当該情報 K A を用いて未然作業員操作情報 L F を推定する。

30

【0185】

作業員による操作は、第 1 に挿入/抜去のように挿入部 7 を観察対象部 3 の部内に対し挿入/抜去する操作、第 2 に回転/ひねり操作のように挿入部 7 を当該挿入部 7 の軸周りに回転させる操作、第 3 に湾曲操作のように操作ハンドル 11 による湾曲部の操作の 3 つの基本操作がある。すなわち、操作の種類は、第 1 の挿入/抜去に関する操作、第 2 の回転/ひねりに関する操作、第 3 の湾曲に関する操作の 3 つが存在する。また、これらの操作は、独立または同時に行うことが出来る。

【0186】

あるタイミングにおける作業員の操作と、次のタイミングにおける作業員の操作との関係は、操作の種類、方向の観点でみると、操作の継続、停止、反転（同じ操作であって操作の方向が逆の操作）の 3 つがある。

40

未然操作推定部 34 は、操作推定部 34 から入力した作業員操作 L の種類、方向について、継続、停止、反転の 3 つの可能性を考慮して推定する。

また、未然操作推定部 34 は、操作の量についても同様に、継続（同じ量を継続する）、減量、増量の 3 つの可能性を考慮して推定する。ここで操作の量でも「操作量ゼロ = 停止」もある。当該操作量ゼロ = 停止は、操作の種類、方向で考慮する停止と同じであるので、操作の量はゼロとして考慮する。

【0187】

未然操作推定部 34 は、これらを踏まえて、操作の種類、方向については以下の 3 つのパターンを想定して未然に作業員の操作を推定する。なお、作業員操作は単純な操作とそ

50

これらの組み合わせの操作が考えられる。例えば挿入しながらひねりを加えるなどのような複合的な操作の場合、挿入とひねりとのそれぞれの操作ごとに、下記第1から第4の未然作業操作を候補として推定する。

(1) 第1の未然作業操作

この操作では、過去又は現在までに行われた操作の種類、方向、量をそのまま継続するとして推定する。未然操作推定部34は、操作推定部34から受け取った作業操作情報Lをそのまま未然形状推定部33に向けて出力する。

(2) 第2の未然作業操作

この操作では、過去又は現在までに行われた操作を停止するものとして推定する。

(3) 第3の未然作業操作

この操作では、操作の種類は維持したまま方向を反転させる操作を行うものとして推定する。

(4) 第4の未然作業操作

この操作では、現在行っていない操作を新たに開始するとして推定を行うものである。

操作の量について、第2の未然作業操作では「停止」のために、操作量の情報は常にゼロとなる。第4の未然作業操作では常に増量となる。さらに、第3の未然作業操作では方向が反転するということは、一旦減量し、その後反転方向、すなわちマイナス方向に増量することになるため、常に減量ということになる。

【0188】

このように第1から第4の未然作業操作に対応して操作量の選択肢を絞り込むことが出来る。

未然操作推定部34は、これらについて、過去および現在までの最新の作業操作を含む1つ又は複数の作業操作情報に基づいて未然作業操作情報L(=LF)を推定する。

【0189】

未然操作推定部34は、第1乃至第4のいずれの未然作業操作を行うかを推定する。

まず、作業者が同じ操作を連続的に行っており、かつ形状変化情報KAより観察対象物2への挿入/抜去の操作が順調に進行していると判断できる場合、すなわち作業操作の方向と量が挿入部7の移動方向、量と略等しいような場合、未然操作推定部34は、同様の作業が継続する可能性が高いと判断する。すなわち、未然操作推定部34は、第1の未然作業操作が行われる可能性が高いと推定する。

【0190】

一方、作業者が頻繁に操作を変更しており、かつ形状変化情報KAより観察対象物2への挿入/抜去の操作が順調には進行していないと判断できる場合、例えば作業操作の方向、量と比べ挿入部7、特に先端部付近の移動方向、量が異なるかほとんど移動していない場合、未然操作推定部34は、同様の作業が継続する可能性が低く、一旦停止し、次に異なる方向の操作が行われる可能性が高いと推定する。すなわち、未然操作推定部34は、第2の未然作業操作が行われた後、第3、第4の未然作業操作が行われるものと推定する。

【0191】

さらに、同じ作業操作が一定時間以上長時間にわたって連続している場合、特に操作量が徐々に減量しているようなはその操作の目的が達成できたと考えられる。これにより、未然操作推定部34は、第2の未然作業操作が行われた後、第3、第4の未然作業操作が行われるものと推定する。

操作の量について未然操作推定部34は、同じ操作を継続する場合、その操作が始められた後、所定時間以下の場合には増量する可能性が高いと推定する。未然操作推定部34は、所定時間以上継続されている場合、維持か又は減量する可能性が高いと推定する。また、同様に、第3又は第4の未然作業操作の場合、未然操作推定部34は、必ず増量する

ことになるが、その量の大きさ事態は急激に大きな値になる可能性は小さいと推定する。

【 0 1 9 2 】

さらに、作業者の作業時間そのものが長時間となっている場合（内視鏡システムは当然時計を持っていて、作業している時間は管理可能なため、この情報を用いることは通常可能である。）、未然操作推定部 3 4 は、抜去方向の操作を行う可能性が高いなど、状況的な情報も活用して未然作業操作を推定する。

【 0 1 9 3 】

さらに、未然操作推定部 3 4 は、同様の観察対象物 2 を観察した場合の過去の支援情報ログの分析結果などから、ある操作に対し次に行われる可能性の高い操作などを、観察対象物 2、作業者、内視鏡装置等ごとに分析し、当該分析結果を用いて未然作業操作情報

10

を推定する。ここで言う支援情報ログとは、支援情報ユニット 2 2 を用いた挿入抜去作業システムの作業において、各部が受信、生成した様々な情報を情報記憶部に記憶させ、どのような作業、操作が行われたかを後から振り返ることが出来るシステムである。支援情報ログは、目的に応じて必要なログのみを抽出可能で、挿入操作の手順と、挿入/抜去の成否などを解析可能となっている。支援情報ログは、支援情報ユニット 2 2 内に設けられ、各部と信号接続されたメモリとそれを呼び出すためのデータ処理プログラムを有している。また、支援情報ユニット 2 2 は支援情報ログを表示部に表示させることが可能となっている。

【 0 1 9 4 】

なお、未然作業操作の場合、操作量を正確に推定することは困難である。このため、その操作における標準的な操作量をデフォルト値として保持し、それを出力するように構成することも好適である。デフォルト値についても、支援情報ログの値を参照して設定したり、その値から適宜補正することも可能である。

20

【 0 1 9 5 】

ここで、上記については、挿入/抜去操作、回転/ひねり操作、湾曲操作の 3 つの基本操作をそれぞれ独立に未然作業操作を推定する例を示したが、これらを複合的に行う組み合わせ操作もちろん存在する。例えば、ひねりながら挿入/抜去を行ったりする場合がある。このような組み合わせは理論的には全て可能であるが、実際の作業では、挿入しながらひねりを加え、さらに湾曲操作を行うなどの操作は極まれである。

【 0 1 9 6 】

30

また、組み合わせ操作よりも単独で操作を行うほうが一般的である。このため、未然操作推定部 3 4 は、作業者の支援情報ログからの情報や、特定の医学的な手技などを行うと推定される場合など、組み合わせ操作が行われる可能性が高いと判断される場合に、組み合わせ操作についても考慮して推定を行う。推定した未然作業情報は情報記憶部に記憶される。

又、未然操作推定部 3 4 は、未然形状推定部 3 3 に対し、複数の未然作業操作情報 L (= L F) を並行して出力する機能を有している。これは、未然作業操作情報 L (= L F) は、実際の作業者の操作ではないため、作業者が当然異なる操作を行う可能性がある。そこで、起こり得る可能性の高い順に複数の未然作業操作情報 L (= L F) を未然形状推定部 3 3 に出力することで、起こりそうな複数の未然挿入部形状を未然形状推定部 3 3 が推定可能にする。このとき、未然操作推定部 3 4 は、上述したような様々な情報、状況を考慮し、起こりそうな順に未然作業操作情報 L (= L F) を順位付けし、その順に沿って未然形状推定部 3 3 に出力する。順位付けが難しい場合や情報が不足する場合は、上述の第 1 の未然作業操作情報から第 2、第 3、第 4 の未然作業操作情報 L (= L F) の順に出力する。

40

【 0 1 9 7 】

これを受け、未然形状推定部 3 3 は、入力した全ての未然作業操作情報 L (= L F) に基づいて未然挿入部 7 形状を推定する。未然作業操作情報 L (= L F) は、作業操作情報 L と同じ種類の情報となっている。このため、未然形状推定部 3 3 は、未然作業操作情報 L (= L F) に対し、作業操作情報 L と同じ動作を行う。

50

本実施の形態のように構成することで次のタイミングで起こり得る挿入部 7 の形状を未然に推定し、これを作業者に挿入操作支援情報として表示・提供することが可能となる。この結果、従来の内視鏡システムと比較して訓練や技能向上に要する時間を短縮したり、経験や技能レベルの低い作業者であっても比較的容易に内視鏡を挿入、抜去することが可能となるなどの効果が期待できる。

【 0 1 9 8 】

特に、本実施の形態のように作業者がこれから行うであろう操作を未然作業者操作情報 $L (=LF)$ として推定し、この情報 $L (=LF)$ に基づいて未然挿入部形状を推定可能とすることが可能となり、未然挿入部 7 形状の起こり得る形状バリエーションを導出、作業者に提供することが可能となる。また、個々の未然挿入部形状の推定を、現在の操作の

10

【 0 1 9 9 】

なお、本発明は、上記各実施の形態に限定されるものでない。

形状センサ 8 は、光ファイバセンサを用いてきたが、これに限らない。

観察対象物 2 の内部での挿入部 7 の形状を検出可能なものであれば、どのようなものでもかまわない。例えば、複数の磁気コイルを挿入部 7 内に配置し、外部に磁気アンテナを配置したものであってもかまわない。この場合、アンテナとの絶対的な位置が確認できるため、後述するように挿入量センサを用いる必要がない。

【 0 2 0 0 】

20

X線カメラを用いてもかまわない。医療用内視鏡の場合、X線カメラで生体内部での挿入部 7 の形状、生体との相対位置を確認する手技は古くから知られている。この場合、生体内の臓器の位置、形状などもおおよそ確認できるため、観察対象物 2 の内面プロファイルの精度や確度の向上にもつなげることが出来る。なお、X線カメラの場合、1台のみを用いると2次元データしか得られない。この場合、上述した構成、動作を2次元的に処理することで対応することが出来る。3次元情報の場合と比較して情報量は減るが、一定程度の効果を奏することが期待できる。

【 0 2 0 1 】

また、上述した全ての実施形態において、内視鏡に搭載するセンサは、形状センサとしての光ファイバセンサ 8 のみの例を示したが、これに限らない。例えば、図 25 に示すように、内視鏡の能動湾曲部 7 b の湾曲操作を検出するために操作ハンドル 11 の操作量を直接検出できる操作量センサ 70 を観察対象物 2 の挿入開口 2 a に設置し、かつ挿入部 7 の挿入抜去の操作の方向、量を検出できる挿入量センサ 71 を設置し、これら操作量センサ 70 と挿入量センサ 71 とを組み合わせることが出来る。これらのセンサ 70、71 からの出力を用いることで、操作推定部 34 が行っていた推定の一部を直接検出することが可能となる。

30

【 0 2 0 2 】

また、未然操作推定部 34 が操作量センサと挿入量センサとからの出力結果を用いて未然作業者操作情報を推定することで、未然作業者操作情報の確度、精度を向上することが可能となる。

40

さらに、上述した実施形態では、異なる部分については置き換える例を示したが、これに限らない。例えば、第 1 の実施の形態から第 2 の実施の形態の変形例までで説明した変換導出部 32 の機能を一つの挿入部時間変化導出部に組み込んで使用時において選択可能としてもかまわないし、状況に応じて適切な手法を自動的に選定するように構成してもかまわない。同様に上述した全ての実施の形態の構成を一つの挿入 / 抜去作業システムに搭載し、それぞれの機能を選択可能としたり、同時に推定、表示可能とすることも可能である。

【 0 2 0 3 】

上述の実施形態、およびその変形例では、内視鏡を題材に例示してきたが、これに限らない。可撓性を有する挿入部 7 を管孔内に挿入し、所望の作業を行うような挿入 / 抜去作

50

業システム全てに対し、本発明は好適である。例えば、内視鏡の鉗子チャンネルに挿入して処置を行う処置具や鉗子、血管やリンパ管内に挿入して様々な処置を行うカテーテル、さらには工業配管のメンテナンスを行う工業用の様々な観察/補修デバイスなどは特に好適である。これらの挿入/抜去作業システムの一部は能動操作を行う機能を有していない場合がある。その場合は作業者操作情報は“湾曲操作”を持たないが、それ以外は上述した説明とほぼ同じ手法、動作、機能により目的を達成することが出来る。

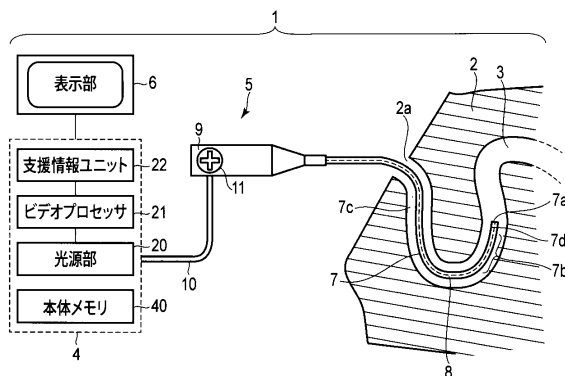
なお、これまで述べてきた実施形態およびその変形例は一例に過ぎず、その趣旨を逸脱しない範囲で様々な変形が可能である。

【符号の説明】

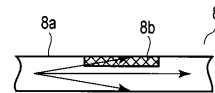
【0204】

1：内視鏡システム、2：観察対象物、2a：挿入開口、3：内部空間（空洞）、4：内視鏡本体部、5：内視鏡スコープ部、6：表示部、7：内視鏡挿入部（挿入部）、7a：挿入部の先端部、7b：能動湾曲部、7c：受動湾曲部、7d：撮像素子、7e：対物レンズ、8：形状センサ（光ファイバセンサ）、8a：光吸収体（湾曲形状検出部）、9：操作部、10：本体側ケーブル、11：操作ハンドル、12：鉗子チャンネル、13：照明部、21：ビデオプロセッサ、20：光源部、22：支援情報ユニット、23：形状センサユニット、24：ファイバセンサ用光源、25：光検出器、30：検出時挿入部形状算出部（形状算出部）、31：形状センサ制御部、32：挿入部形状時間変化導出部（変化導出部）、33：未然挿入部形状推定部（未然形状推定部）、34：作業者操作情報推定部（操作推定部）、34a：操作情報メモリ、35：情報記憶部、30a：湾曲情報メモリ、40：本体メモリ、50：内面プロファイル情報推定部（プロファイル推定部）、50a：未然プロファイル情報メモリ、60：観察対象物負荷推定部、70：操作量センサ、71：挿入量センサ。

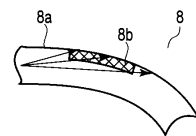
【図1】



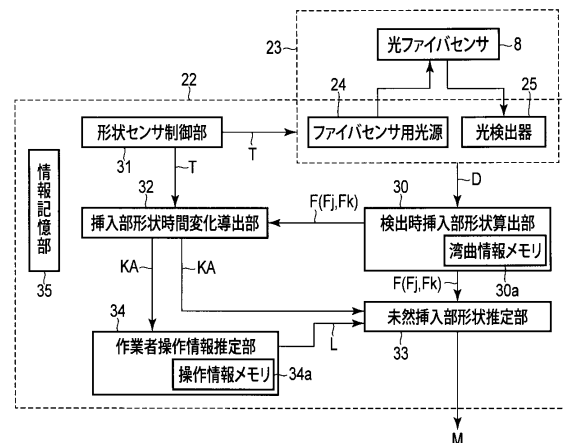
【図3B】



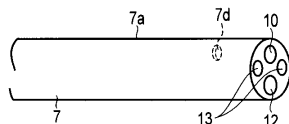
【図3C】



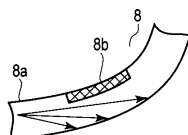
【図4】



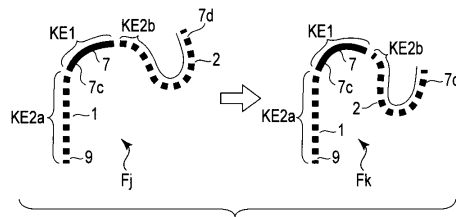
【図2】



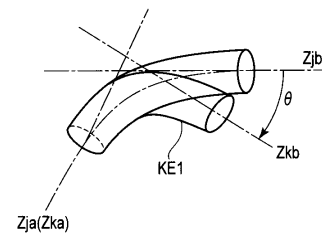
【図3A】



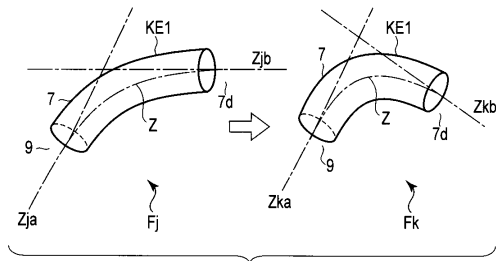
【図 5】



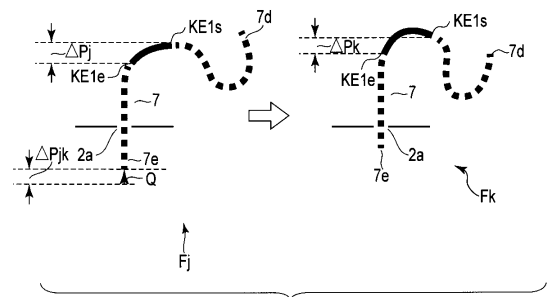
【図 7】



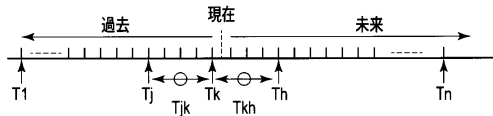
【図 6】



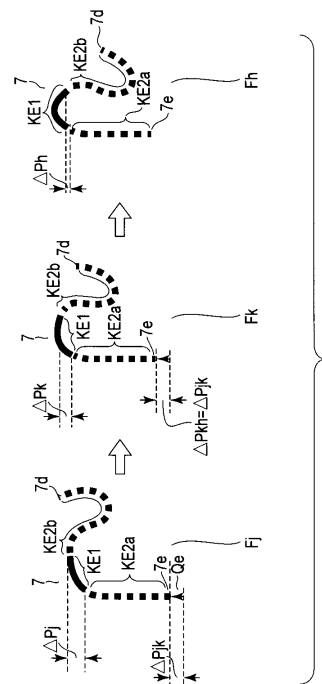
【図 8】



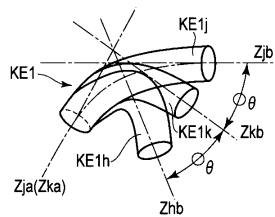
【図 9】



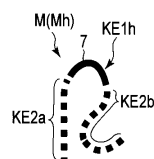
【図 12】



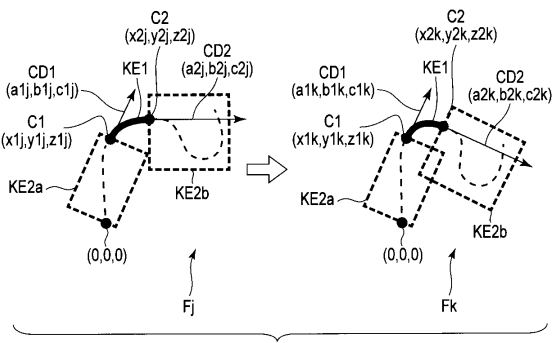
【図 10】



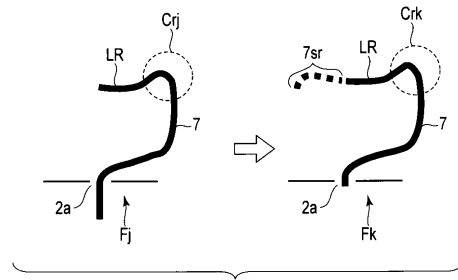
【図 11】



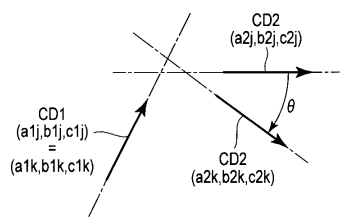
【図 13】



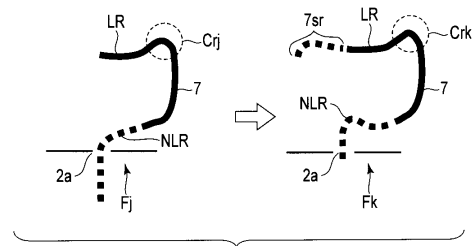
【図 15】



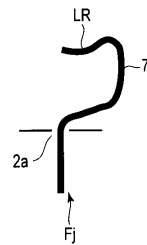
【図 14】



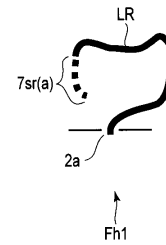
【図 16】



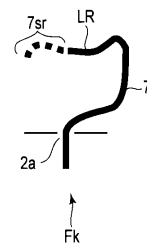
【図 17 A】



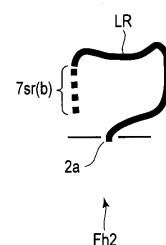
【図 17 C】



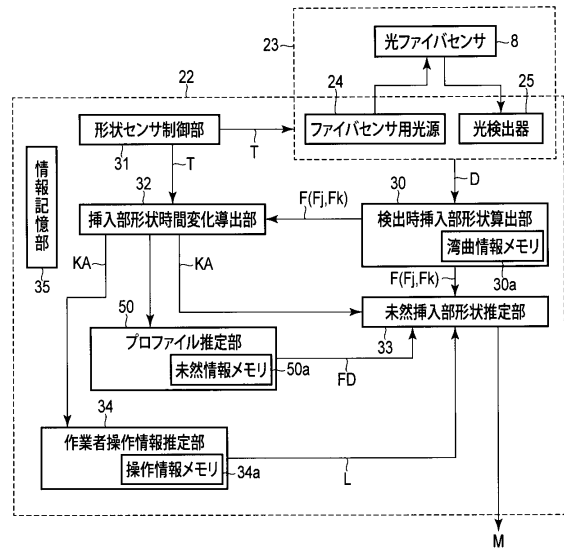
【図 17 B】



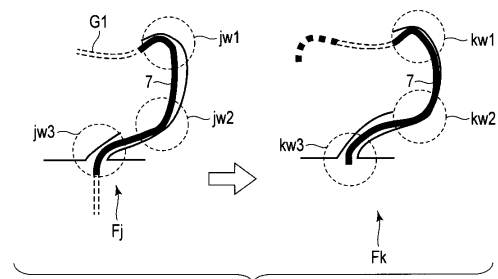
【図 17 D】



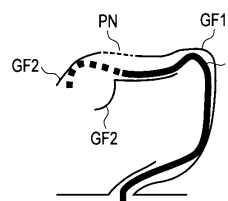
【 図 1 9 】



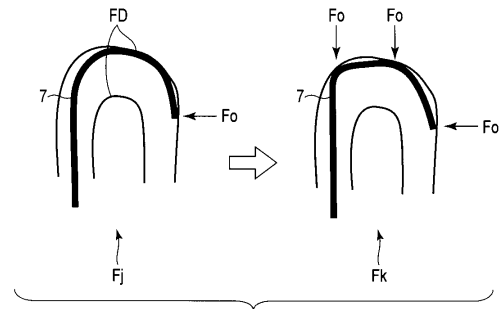
【圖 2 2】



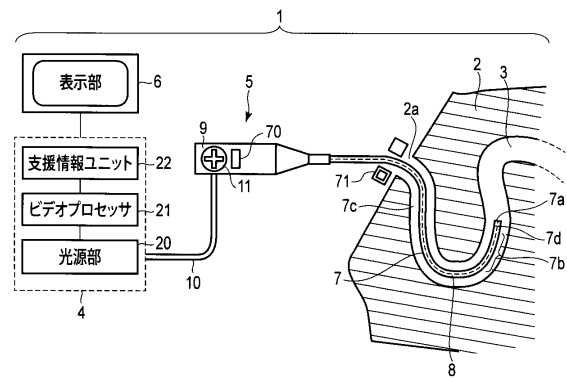
【 図 2 1 】



【 図 2 4 】



【 図 2 5 】



フロントページの続き

- (72)発明者 伊藤 毅
東京都八王子市石川町 2 9 5 1 番地 オリンパス株式会社内
- (72)発明者 羽根 潤
東京都八王子市石川町 2 9 5 1 番地 オリンパス株式会社内
- (72)発明者 藤田 浩正
東京都八王子市石川町 2 9 5 1 番地 オリンパス株式会社内
- (72)発明者 東條 良
東京都八王子市石川町 2 9 5 1 番地 オリンパス株式会社内

審査官 原 俊文

- (56)参考文献 特表 2 0 1 4 - 5 0 2 9 1 1 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 0 / 1 0 3 8 6 6 (W O , A 1)
特開 2 0 1 4 - 1 1 3 3 5 2 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 1 1 / 0 3 1 9 7 1 4 (U S , A 1)
米国特許出願公開第 2 0 1 4 / 0 3 3 0 4 3 2 (U S , A 1)
国際公開第 2 0 1 4 / 1 1 0 1 1 8 (W O , A 1)

(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

专利名称(译)	预成形估计装置，插入/拔出工作系统，插入/拔出工作支持系统和预成形估计程序		
公开(公告)号	JP6535689B2	公开(公告)日	2019-06-26
申请号	JP2016571643	申请日	2015-01-30
[标]申请(专利权)人(译)	奥林巴斯株式会社		
申请(专利权)人(译)	奥林巴斯公司		
当前申请(专利权)人(译)	奥林巴斯公司		
[标]发明人	伊藤 毅 羽根 潤 藤田 浩正 東條 良		
发明人	伊藤 毅 羽根 潤 藤田 浩正 東條 良		
IPC分类号	A61B1/00 G02B23/24		
CPC分类号	A61B1/00013 A61B1/00009 A61B1/00022 A61B1/005 A61B1/0051 A61B5/065 G02B23/2415		
FI分类号	A61B1/00.552 A61B1/00.551 G02B23/24.A		
代理人(译)	河野直树 井上 正 飯野滋 金子早苗		
其他公开文献	JPWO2016121106A1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

预成形估计装置包括插入部分（7），形状传感器（8）和插入前部分形状估计部分（33）。插入部分（7）具有柔性并插入观察对象中。形状传感器（8）检测插入部分的弯曲状态并输出检测信号。预插入部分形状估计部分（33）基于从形状传感器输出的检测信号获取的信息，预先估计经过预定时间之后的插入部分的形状，输出为信息。

(19) 日本国特許庁(JP)	(12) 特 許 公 報(B2)	(11) 特許番号 特許第6535689号 (P6535689)
(45) 発行日 令和1年6月26日(2019. 6. 26)	(24) 登録日 令和1年6月7日(2019. 6. 7)	
(51) Int. Cl. A 6 1 B 1/00 (2006.01) G 0 2 B 23/24 (2006.01)	F I A 6 1 B 1/00 5 5 2 A 6 1 B 1/00 5 5 1 G 0 2 B 23/24 A	
請求項の数 17 (全 50 頁)		
(21) 出願番号 特許2016-571643 (P2016-571643) (56) (22) 出願日 平成27年1月30日(2015. 1. 30) (58) 国際出願番号 PCT/JP2015/052696 (57) 国際公開番号 WO2016/121106 (57) 国際公開日 平成28年8月4日(2016. 8. 4) 審査請求日 平成29年5月31日(2017. 5. 31) 前置審査	(73) 特許権者 000000376 オリンパス株式会社 東京都八王子市石川町2 9 5 1 番地 (74) 代理人 弁理士 戴田 昌俊 (74) 代理人 弁理士 野河 信久 (74) 代理人 弁理士 100153051 弁理士 河野 直樹 (74) 代理人 弁理士 井上 正 (74) 代理人 弁理士 100195665 弁理士 飯野 茂 (74) 代理人 弁理士 100162570 弁理士 金子 早苗	最終頁に続く
(54) 【発明の名称】 未然形状推定装置、挿入／抜去作業システム、挿入／抜去作業支援システム及び未然形状推定プログラム		