

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2017年6月29日(29.06.2017)

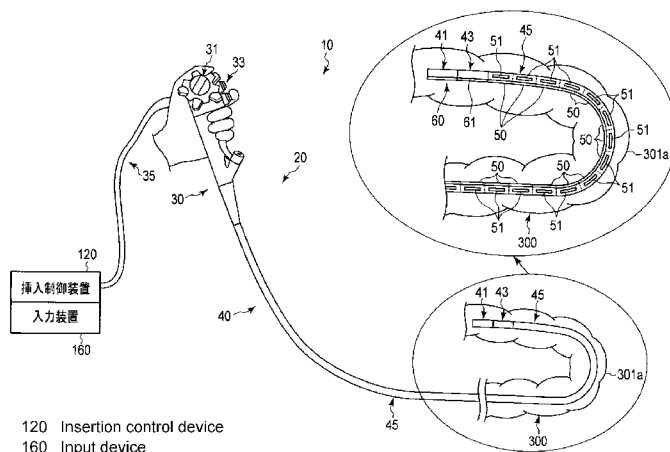


(10) 国際公開番号  
WO 2017/109989 A1

- (51) 国際特許分類:  
A61B 1/00 (2006.01)
  - (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/086397
  - (22) 国際出願日: 2015年12月25日(25.12.2015)
  - (25) 国際出願の言語: 日本語
  - (26) 国際公開の言語: 日本語
  - (71) 出願人: オリンパス株式会社 (OLYMPUS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 Tokyo (JP).
  - (72) 発明者: 中村 周至 (NAKAMURA, Shuji); 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オリンパス株式会社内 Tokyo (JP). 高橋 毅 (TAKAHASHI, Takeshi); 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オリンパス株式会社内 Tokyo (JP).
  - (74) 代理人: 蔵田 昌俊, 外 (KURATA, Masatoshi et al.); 〒1050014 東京都港区芝3丁目2番1号 セレスティン芝三井ビルディング1階 鈴榮特許総合事務所内 Tokyo (JP).
  - (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
  - (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:  
— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: FLEXIBLE TUBE INSERTION DEVICE

(54) 発明の名称: 可撓管挿入装置



(57) Abstract: This flexible tube insertion device (10) includes an insertion portion (40) and a detection unit (60) that detects state information of the insertion portion (40). The flexible tube insertion device (10) includes an insertability assessment unit (121) that assesses whether the insertability of the insertion portion (40) into a deep part from a current position has decreased, and a rigidity changing range determination unit (127) that determines, when the insertability assessment unit (121) assesses that the insertability of the insertion portion (40) has decreased, a rigidity changing range (411) from parts of the insertion portion (40) that have been used for the assessment by the insertability assessment unit (121). The flexible tube insertion device (10) includes a rigidity control unit (129) that controls flexural rigidity of the insertion portion (40) in the rigidity changing range (411) determined by the rigidity changing range determination unit (127) to a flexural rigidity that substantially straightens the insertion portion (40) in the rigidity changing range (411).

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2017/109989 A1



---

可撓管挿入装置（１０）は、挿入部（４０）と、挿入部（４０）の状態情報を検出する検出ユニット（６０）とを有する。可撓管挿入装置（１０）は、現在位置から深部への挿入部（４０）の挿入性が低下しているか否かを判断する挿入性判断部（１２１）と、挿入部（４０）の挿入性が低下していると挿入性判断部（１２１）が判断した際に、挿入性判断部（１２１）の判断に利用された挿入部（４０）の一部位のなかから剛性変更範囲（４１１）を決定する剛性変更範囲決定部（１２７）とを有する。可撓管挿入装置（１０）は、剛性変更範囲決定部（１２７）によって決定された剛性変更範囲（４１１）における挿入部（４０）の曲げ剛性を、剛性変更範囲（４１１）における挿入部（４０）が略直線化する曲げ剛性に制御する剛性制御部（１２９）を有する。

## 明 細 書

**発明の名称**：可撓管挿入装置

**技術分野**

[0001] 本発明は、可撓管挿入装置に関する。

**背景技術**

[0002] 図11に示すように、管路部500（例えば大腸）に挿入されている挿入部600が管路部500の屈曲部501を通過する際、例えば操作者は、大腸から外部に露出している挿入部600の基端部を把持し、この把持部位から挿入部600を押し進める。例えば、挿入部600の先端が腹腔内に固定されていないS状結腸を通過した状態で、押し込み操作が実施されると、大腸は押し込み操作によって自由に動く。このために図11に示すように、挿入部600はS字状に座屈してしまう。したがって、挿入部600の先端部には座屈によって手元側の力が伝達されにくくなり、先端部は深部に向かって挿入（前進移動）されにくくなり、挿入部600の先端は推進力を失った状態（スタック状態）となる。言い換えると挿入性が低下する。なお深部とは、挿入方向において現在位置よりも前方の位置を示す。

[0003] スタック状態において、操作者は、押し込み操作と引っ張り操作と振じり操作との少なくとも1つを有する操作を挿入部に加え、挿入部の座屈部位を略直線状態に変化させる（直線化）。これにより、スタック状態が回避される。しかしながら、直線化操作は、習得が難しい手技である。

[0004] 例えば特許文献1に開示されている挿入部において、挿入部は挿入部の長手方向に複数のセグメントに分けられており、各セグメントの曲げ剛性は異なる。これにより、患者の苦痛が低減し、深部への挿入性が向上する。

**先行技術文献**

**特許文献**

[0005] 特許文献1：特公昭61-37931号公報

**発明の概要**

## 発明が解決しようとする課題

[0006] 特許文献1は、実際の挿入部のスタック状態に応じて挿入部の適正な個所の曲げ剛性を変化させれば良いとただけある。特許文献1は、座屈による挿入性低下の判断方法や低下した挿入性を改善させる具体的な方法については開示されていない。

[0007] 本発明は、これらの事情に鑑みてなされたものであり、管路部における深部への挿入性を向上できる可撓管挿入装置を提供することを目的とする。

## 課題を解決するための手段

[0008] 本発明の可撓管挿入装置の一態様は、被挿入体に挿入される挿入部と、少なくとも前記挿入部の形状情報を含む前記挿入部の状態情報を検出する検出ユニットと、前記挿入部の前記状態情報を基に、現在位置から深部への前記挿入部の挿入性が低下しているか否かを判断する挿入性判断部と、前記挿入部の前記挿入性が低下していると前記挿入性判断部が判断した際に、前記挿入性判断部の判断に利用された前記挿入部の一部位のなかから剛性変更範囲を決定する剛性変更範囲決定部と、前記剛性変更範囲決定部によって決定された前記剛性変更範囲における前記挿入部の曲げ剛性を、前記剛性変更範囲における前記挿入部が略直線化する曲げ剛性に制御する剛性制御部と、を具備する。

## 発明の効果

[0009] 本発明によれば、管路部における深部への挿入性を向上できる可撓管挿入装置を提供できる。

## 図面の簡単な説明

[0010] [図1]図1は、本発明の第1の実施形態に係る可撓管挿入装置の概略図である。

[図2]図2は、状態検出部と状態算出部と挿入性判断部と剛性変更範囲決定部と剛性制御部と剛性可変部と入力装置との関係を説明する図である。

[図3]図3は、検出ユニットによって検出される湾曲情報を示す図である。

[図4A]図4 Aは、挿入性判断部の形状判断部が角度を基に挿入部の形状がS字形状であると判断した状態を示す図である。

[図4B]図4 Bは、形状判断部が角度を基に挿入部の形状がS字形状ではないと判断した状態を示す図である。

[図5A]図5 Aは、形状判断部が曲率半径に定義された符号を基に挿入部の形状がS字形状であると判断した状態を示す図である。

[図5B]図5 Bは、形状判断部が曲率半径に定義された符号を基に挿入部の形状がS字形状ではないと判断した状態を示す図である。

[図6A]図6 Aは、形状判断部が変曲点の接線に対する曲率中心の位置を基に挿入部の形状がS字形状であると判断した状態を示す図である。

[図6B]図6 Bは、形状判断部が変曲点の接線に対する曲率中心の位置を基に挿入部の形状がS字形状ではないと判断した状態を示す図である。

[図7A]図7 Aは、挿入性判断部の判断本体部が座屈によって挿入部の挿入性が低下していると判断した状態の一例を示す図である。

[図7B]図7 Bは、判断本体部が座屈によって挿入部の挿入性が低下していると判断した状態の一例を示す図である。

[図7C]図7 Cは、判断本体部が座屈によって挿入部の挿入性が低下していると判断した状態の一例を示す図である。

[図7D]図7 Dは、判断本体部が座屈によって挿入部の挿入性が低下していないと判断した状態の一例を示す図である。

[図8A]図8 Aは、剛性変更範囲決定部が剛性変更範囲を決定する状態の一例を示す図である。

[図8B]図8 Bは、剛性変更範囲決定部が剛性変更範囲を決定する状態の一例を示す図である。

[図9A]図9 Aは、変角度が予め設定された目標値に調整されるように、剛性制御部がフィードバック制御することを示す図である。

[図9B]図9 Bは、速度比が予め設定された目標値に調整されるように、剛性制御部がフィードバック制御することを示す図である。

[図9C]図9Cは、剛性制御部がオープン制御することを示す図である。

[図9D]図9Dは、図9Cに示すオープン制御のための、状態検出部と状態算出部と挿入性判断部と剛性変更範囲決定部と剛性制御部と剛性可変部と入力装置との関係を説明する図である。

[図9E]図9Eは、制御開始決定部が、速度比を基に剛性可変部に対する制御タイミングを制御することを示す図である。

[図10A]図10Aは、剛性変更範囲決定部によって決定された剛性範囲に配置されるセグメントに設けられる剛性可変部を示す図である。

[図10B]図10Bは、図10Aに示す剛性可変部の剛性が制御された状態を示す図である。

[図11]図11は、挿入部がS字状に座屈することを説明する図である。

### 発明を実施するための形態

[0011] 以下、図面を参照して本発明の実施形態について詳細に説明する。図1において状態算出部63の図示を省略するように、一部の図面では図示の明瞭化のために部材の一部の図示を省略している。また深部とは、挿入部40の挿入方向において現在位置よりも前方の位置を示す。

[0012] [第1の実施形態]

[構成]

図面を参照して第1の実施形態について説明する。

[可撓管挿入装置（以下、挿入装置10と称する）]

図1に示すような内視鏡装置である挿入装置10は、例えば、手術室または検査室に備えられる。挿入装置10は、医療用の内視鏡20と、挿入制御装置120と、挿入制御装置120に接続される入力装置160とを有する。挿入装置10は、内視鏡20に接続される図示しない光源装置と、内視鏡20に接続される図示しない画像制御装置と、画像制御装置に接続される図示しない表示装置とを有する。

[0013] 内視鏡20は、例えば、大腸などの管路部300を有する被挿入体に挿入される挿入機器の一例である。内視鏡20は、管路部300内を図示しない

撮像ユニットの撮像部によって撮像する。

図示しない光源装置は、撮像部が撮像できるよう、光を出射する。光は、内視鏡20の内部に備えられる図示しない照明ユニットの導光部材によって図示しない照明ユニットの照明部まで導光される。光は、照明光として、照明部から外部に向かって出射される。なお撮像部によって撮像された画像は、撮像部から内視鏡20の内部に備えられる撮像ユニットの信号線を介して図示しない画像制御装置に出力される。

図示しない画像制御装置は、撮像部によって撮像された画像が図示しない表示装置に表示されるように、信号を処理する。

詳細については後述するが、挿入制御装置120は、内視鏡20に配置される挿入部40の曲げ剛性を制御する。

図示しない表示装置は、撮像部によって撮像され、図示しない画像制御装置によって画像処理された画像を表示する。図示しない表示装置は、図示しないケーブルを介して図示しない画像制御装置に接続される。

[0014] 入力装置160は、後述する各種の開始指示を入力するために用いられる。

[0015] [内視鏡20]

内視鏡20は、例えば、医療用の軟性内視鏡として説明するが、これに限定される必要はない。内視鏡20は、例えば、工業用の軟性内視鏡、カテーテル、処置具といったように、被挿入体の内部に挿入される軟性の挿入部40を有していればよい。被挿入体は、例えば、人に限らず、動物、またはほかの構造物であってもよい。内視鏡20は、直視型の内視鏡20であってもよいし、側視型の内視鏡20であってもよい。

[0016] 内視鏡20は、操作者によって把持される操作部30と、被挿入体に挿入される挿入部40とを有する。

操作部30は、挿入部40の基端部に連設される。操作部30は、後述する湾曲部43を操作する湾曲操作部31と、撮像ユニットなど各ユニットを操作するスイッチ部33とを有する。操作部30は、ユニバーサルコード3

5をさらに有しており、ユニバーサルコード35を介して図示しない光源装置と図示しない画像制御装置と挿入制御装置120とに接続される。

挿入部40は、管状であり、細長く、柔軟である。挿入部40は、管路部300に対して管路部300の内部を進退移動する。挿入部40は、管路部300の形状に従って湾曲可能である。挿入部40は、挿入部40の先端部から挿入部40の基端部に向かって順に、先端硬質部41と、湾曲部43と、可撓管部45とを有する。先端硬質部41の基端部は湾曲部43の先端部に連結され、湾曲部43の基端部は可撓管部45の先端部に連結され、可撓管部45の基端部は操作部30に連結される。前記した撮像部と照明部とは、先端硬質部41の内部に備えられる。

[0017] [セグメント50]

図1に示すように、挿入部40の可撓管部45は、挿入部40の長手軸方向に沿って列状に並ぶ複数のセグメント50に区切られる。セグメント50は、実在しない仮想的な領域として機能してもよいし、実在する構造として機能してもよい。

[0018] 各セグメント50の曲げ剛性は、挿入制御装置120に配置される後述する制御部129（図2参照）の制御によって、独立して変更可能である。可撓管部45の曲げ剛性は、制御部129によって独立して制御される各セグメント50の曲げ剛性によって、部分的に変更可能となる。

なお可撓管部45がセグメント50に区切られるが、これに限定される必要はなく、挿入部40がセグメント50に区切られていてもよい。これにより挿入部40の曲げ剛性は、制御部129によって独立して制御される各セグメント50の曲げ剛性によって、部分的に変更可能となる。

[0019] [剛性可変部51]

図1に示すように、挿入装置10は、剛性が可変する1以上の剛性可変部51を有する。剛性可変部51は、セグメント50毎に内蔵される。剛性可変部51は、全てのセグメント50に内蔵されてもよいし、一部のセグメント50のみに内蔵されてもよい。剛性可変部51が設けられる箇所が、少な

くともセグメント50として機能してもよい。なお1つの剛性可変部51が複数のセグメント50に渡って内蔵されてもよい。剛性可変部51は、挿入部40の長手軸方向に沿って、1列に並んでいてもよいし、複数列に並んでいてもよい。剛性可変部51が複数列に並んでいる場合、剛性可変部51同士は、剛性可変部51同士が可撓管部45の周方向において隣り合うように同じ位置に設けられていてもよいし、挿入部40の長手軸方向においてずれて設けられていてもよい。剛性可変部51は、剛性可変部51の剛性の変化によって挿入部40の曲げ剛性をセグメント単位で可変できればよい。

[0020] 図示はしないが、剛性可変部51は、例えば、金属線によって形成されるコイルパイプと、コイルパイプの内部に封入された導電性高分子人工筋肉（Electroactive Polymer Artificial Muscle（以下、EPAMと称する））とを有するアクチュエータにより構成される。コイルパイプの中心軸は、挿入部40の中心軸と一致または平行に設けられる。コイルパイプは、コイルパイプの両端部に設けられた電極を有する。

電極は、内視鏡20に内蔵される図示しない信号ケーブルを介して制御部129に接続され、制御部129から電力を供給される。電圧が電極を介してEPAMに印加されると、EPAMはコイルパイプの中心軸に沿って伸縮しようとする。しかしながら、EPAMは、コイルパイプによって伸縮を規制される。これにより、剛性可変部51の剛性は変化する。なお剛性可変部51の剛性は、印加される電圧の値が高くなるほど、高まる。剛性可変部51の剛性が変化すると、これに従って剛性可変部51を内蔵するセグメント50の曲げ剛性も変化する。また電力は、電極それぞれに独立して供給される。このため、剛性可変部51それぞれの剛性は独立して変化し、セグメント50それぞれの曲げ剛性も独立して変化する。このように剛性可変部51は、剛性可変部51の剛性の変化によってセグメント50の曲げ剛性を変化させ、セグメント50の曲げ剛性変化によって可撓管部45の曲げ剛性を部分的に変化させる。

[0021] 剛性可変部51は、EPAMの代わりに、形状記憶合金を用いてもよい。

[0022] [検出ユニット60]

図1と図2とに示すように、挿入装置10は、少なくとも挿入部40の形状情報を含む挿入部40の状態情報を検出する検出ユニット60を有する。検出ユニット60は、入力装置160から検出動作開始指示（後述する検出開始指示と算出開始指示）を入力されると検出を開始し、常に検出する。なお検出のタイミングは、一定時間経過毎に実施されていてもよく、特に限定されない。

[0023] 検出ユニット60は、図1に示すように挿入部40の内部に配置される状態検出部61と、図2に示すように挿入制御装置120に配置される状態算出部63とを有する。

[0024] 状態検出部61は、剛性可変部51に並んで配置される。状態検出部61は、挿入部40の形状情報と捩じれ情報と位置情報とのいずれか1つの情報、または2つ以上の情報を含む挿入部40の状態情報を検出する。挿入部40の形状情報とは、例えば、挿入部40の長手軸方向における挿入部40の形状を示す。状態検出部61には、例えば、磁気発生手段、光ファイバセンサ、歪みセンサ、吸収部材等が挙げられる。

[0025] 状態検出部61は、入力装置160から出力された検出開始指示が状態検出部61に入力された後、常に検出（動作）する。状態検出部61は、例えば有線または無線によって状態算出部63に接続されており、状態検出部61が検出した検出結果を状態算出部63に出力する。

[0026] 状態算出部63は、状態検出部61の検出結果を基に、挿入部40の状態情報を算出する。状態算出部63が算出する挿入部40の状態情報は、例えば、挿入部40の形状情報と捩じれ情報と位置情報とを含む。図3に示すように、状態算出部63が算出する挿入部40の状態情報は、例えば、挿入部40において互いに対して連続している2つの屈曲部位201a, 201bと、変曲点Iと、屈曲部位201a, 201bそれぞれの曲率半径 $R_a$ ,  $R_b$ と、屈曲部位201a, 201bそれぞれの曲率中心 $C_a$ ,  $C_b$ と、変角

度 $\theta 1$ とを含む。屈曲部位201aは、屈曲部位201bよりも挿入部40の挿入方向において前方に位置するものとして説明する。連続している屈曲部位201a、201bは、挿入部40のS形状部位を示す。変曲点Iは、屈曲部位201aと屈曲部位201bとの連続部位であり、屈曲部位201aと屈曲部位201bとの間における屈曲部位の曲率半径が $\infty$ である1点である。屈曲部位201a、201bは変曲点Iをそれぞれの間挟んで配置される。変角度 $\theta 1$ は、変曲点Iの接線401aと、管路部300の入口300aに位置する挿入部40の一部の中心軸の延長線401bとの間に形成される角度を示す。また図8Aと図8Bとに示すように、状態算出部63が算出する挿入部40の状態情報は、例えば、屈曲部位201a、201bと、屈曲部位201a、201bそれぞれの曲率半径 $C a$ 、 $C b$ との関係を表す屈曲曲線403a、403bを含む。状態算出部63が算出する挿入部40の状態情報は、挿入部40の位置情報と時間とを基に算出される挿入部40の速度情報を含む。図3に示すように、速度情報は、挿入部40の先端部の先端速度 $V o u t$ と、挿入部40の基端部側（手元側）の基端速度 $V i n$ と、先端速度 $V o u t$ と基端速度 $V i n$ との速度比 $\gamma$ （先端速度 $V o u t$  / 基端速度 $V i n$ ）とを含む。状態算出部63は、例えば、CPUまたはASICなどを含む演算回路等によって構成される。

[0027] 状態算出部63は、状態検出部61の検出結果が入力された状態で、入力装置160から出力された算出開始指示が状態算出部63に入力された後、常に算出（動作）する。なお検出のタイミングは、一定時間経過毎に実施されていてもよく、特に限定されない。状態算出部63は、図示しない表示装置に接続されており、状態算出部63によって算出された算出結果を表示装置に出力する。図3に示すように、図示しない表示装置は、状態算出部63によって算出された算出結果を基に、管路部300内における現状の挿入部40の状態情報を表示する。表示は、例えば3次元によって実施される。操作者は、表示装置に表示される挿入部40の状態情報を基に、管路部300内における挿入部40の位置及び状態を監視可能となる。

[0028] 状態算出部63は、後述する挿入性判断部（以下、判断部121と称する）と剛性変更範囲決定部（以下、第1決定部127と称する）と剛性制御部（以下、制御部129と称する）とに接続されており、状態算出部63によって算出された算出結果を判断部121と第1決定部127と制御部129とに出力する。

[0029] [判断部121]

図2に示すように、挿入装置10は、挿入部40の状態情報を基に、現在位置から深部への挿入部40の挿入性が低下しているか否かを判断する判断部121を有する。この挿入性とは、挿入部40の前進性、言い換えると挿入部40の推進性を表す。挿入部40に対して判断部121が判断を実施する部位は、屈曲部位201a、201bを含む。部位は、状態算出部63が挿入部40の形状を算出した際に、挿入部40の所望する範囲内に位置する部位である。判断部121は、屈曲部位201a、201bを基に、挿入性が低下しているか否かを判断する。判断部121は、挿入制御装置120に配置される。判断部121は、例えばCPUまたはASICなどを含む演算回路等によって構成される。

[0030] 判断部121は、状態算出部63から出力された挿入部40の状態情報（変曲点Iと曲率半径 $R_a$ 、 $R_b$ と曲率中心 $C_a$ 、 $C_b$ ）を基に挿入部40の形状を判断する形状判断部123と、状態算出部63から出力された挿入部40の状態情報（変角度 $\theta_1$ と曲率半径 $R_a$ 、 $R_b$ ）と形状判断部123の判断結果とを基に、座屈による挿入部40の挿入性の低下を判断する判断本体部125とを有する。形状判断部123は、入力装置160から判断開始指示を入力されると判断を開始し、常に判断する。なお判断のタイミングは、一定時間経過毎に実施されていてもよく、特に限定されない。判断本体部125は、形状判断部123の判断結果が入力された際、判断する。

[0031] 図4Aと図4Bとに示すように、形状判断部123は、曲率中心 $C_a$ と変曲点Iと曲率中心 $C_b$ とをこの順番で結ぶ線分によって形成される角度を角度 $\theta_2$ として算出する。形状判断部123は、算出結果を制御部129に出

力する。また形状判断部123は、角度 $\theta 2$ を基に、挿入部40の形状がS字形状であるか否かを判断する。例えば、形状判断部123は、図4Aに示すように角度 $\theta 2 > 90^\circ$ の場合では挿入部40の形状がS字形状であると判断し、図4Bに示すように角度 $\theta 2 < 90^\circ$ の場合では挿入部40の形状がS字形状ではないと判断する。

[0032] 形状判断部123は、下記のように判断を実施してもよい。

図5Aと図5Bとに示すように、例えば、形状判断部123は、変曲点Iを含む挿入部40を中心に、挿入部40の挿入方向における側方の一方（右）側に位置する屈曲部位の曲率半径の符号を「+」と定義する。簡単に説明すると、形状判断部123は、挿入部40の右側（一方側）に位置する屈曲部位の曲率半径の符号を「+」と定義する。形状判断部123は、変曲点Iを含む挿入部40を中心に、挿入部40の挿入方向における側方の他方（左）側に位置する屈曲部位の曲率半径の符号を「-」と定義する。簡単に説明すると、形状判断部123は、挿入部40の左側（他方側）に位置する屈曲部位の曲率半径の符号を「-」と定義する。形状判断部123は、曲率半径 $R a$ 、 $R b$ それぞれに定義される符号を基に、挿入部40の形状がS字形状であるか否かを判断する。

[0033] 図5Aに示すように、例えば、形状判断部123は、曲率半径 $R a$ の符号が「-」且つ曲率半径 $R b$ の符号が「+」である場合に挿入部40の形状がS字形状であると判断する。または、図示はしないが、例えば、形状判断部123は、曲率半径 $R a$ の符号が「+」且つ曲率半径 $R b$ の符号が「-」である場合に挿入部40の形状がS字形状であると判断する。このように形状判断部123は、曲率半径 $R a$ 、 $R b$ の符号が互いに異なる場合に挿入部40の形状がS字形状であると判断する。

図5Bに示すように、例えば、形状判断部123は、曲率半径 $R a$ の符号が「+」且つ曲率半径 $R b$ の符号が「+」である場合に挿入部40の形状がS字形状ではないと判断する。または図示はしないが、例えば、形状判断部123は、曲率半径 $R a$ の符号が「-」且つ曲率半径 $R b$ の符号が「-」で

ある場合に挿入部40の形状がS字形状ではないと判断する。このように形状判断部123は、曲率半径 $R_a$ 、 $R_b$ の符号が互いに同一である場合に挿入部40の形状がS字形状ではないと判断する。

形状判断部123は、符号を定義するのではなく、変曲点Iを含む挿入部40の右側（片側）に位置する領域を第1領域と定義し、変曲点Iを含む挿入部40の左側（反対側）に位置する領域を第2領域と定義してもよい。なお例えば、形状判断部123は、曲率半径 $R_a$ 、 $R_b$ の代わりに、曲率中心 $C_a$ 、 $C_b$ を用いてもよい。曲率中心 $C_a$ 、 $C_b$ が用いられる場合、上記したように、「+」と「-」とが定義されてもよい。また形状判断部123は、第1、2領域に対する曲率中心 $C_a$ 、 $C_b$ の配置位置を基に、挿入部40の形状がS字形状であるか否かを判断してもよい。この場合、形状判断部123は、曲率中心 $C_a$ 、 $C_b$ が異なる領域に配置されている場合では挿入部40の形状がS字形状であると判断し、曲率中心 $C_a$ 、 $C_b$ が同じ領域に配置されている場合では挿入部40の形状がS字形状ではないと判断する。

[0034] または形状判断部123は、下記のように判断を実施してもよい。

図6Aと図6Bとに示すように、例えば、形状判断部123は、変曲点Iの接線401aに対する曲率中心 $C_a$ 、 $C_b$ それぞれの位置を基に、挿入部40の形状がS字形状であるか否かを判断してもよい。形状判断部123は、曲率中心 $C_a$ 、 $C_b$ それぞれが接線401aに対してどちら側に配置されているかを判断する。次に、図6Aに示すように、形状判断部123は、曲率中心 $C_a$ が接線401aを挟んで曲率中心 $C_b$ とは反対側に配置されている場合では挿入部40の形状がS字形状であると判断する。図6Bに示すように、例えば、形状判断部123は、曲率中心 $C_a$ が接線401aに対して曲率中心 $C_b$ と同じ側に配置されている場合では挿入部40の形状がS字形状ではないと判断する。

[0035] このように、形状判断部123は、屈曲部位201a、201bそれぞれが同じ向きに屈曲しているか否かを判断する。そして形状判断部123は、判断結果を判断本体部125に出力する。

[0036] 判断本体部125は、状態算出部63から出力された挿入部40の状態情報（変角度 $\theta 1$ ）と挿入部40の形状がS字形状であるという形状判断部123の判断結果とを入力される。図7Aと図7Bと図7Cとに示すように、判断本体部125は、挿入部40が座屈しているか否かを判断する、言い換えると、挿入部40が押し込みにより深部に挿入されるか否かを判断する。このため判断本体部125は、挿入部40の形状がS字形状であると形状判断部123が判断し、変角度 $\theta 1$ が第1閾値以下、且つ $d\theta/dt > 0$ であるときに、座屈によって挿入部40の挿入性が低下している、と判断する。 $d\theta/dt > 0$ は、変角度 $\theta 1$ の時間変化が正であることを示す。第1閾値は、例えば $40^\circ$ である。例えば図7Dは、挿入部40の形状がS字形状であるが、変角度 $\theta 1$ は第1閾値以上である。このため、判断本体部125は、座屈による挿入性が低下しているとは判断しない。

[0037] なお判断本体部125は、状態算出部63から挿入部40の状態情報として曲率半径 $R a$ 、 $R b$ を入力されてもよい。この場合、判断本体部125は、挿入部40の形状がS字形状であると形状判断部123が判断し、変角度 $\theta 1$ が第1閾値以下、 $R b/dt < 0$ であるときに、座屈によって挿入部40の挿入性が低下している、と判断する。 $R b/dt < 0$ とは、手元側の曲率半径 $R b$ の時間変化が負であることを示す。

[0038] 判断本体部125は、判断結果を第1決定部127に出力する。また判断本体部125は、判断本体部125の判断に利用された挿入部40の一部位が屈曲部位201a、201bであるという情報を第1決定部127にさらに出力する。

[0039] [第1決定部127]

図2と図8Aに示すように、挿入装置10は、挿入部40の挿入性が低下していると判断部121の判断本体部125が判断した際に、判断本体部125の判断に利用された挿入部40の一部位のなかから剛性変更範囲411を決定する第1決定部127を有する。例えば、判断本体部125の判断に利用された挿入部40の一部位とは、状態算出部63から出力された屈曲部

位 201 a, 201 b を含む。例えば、一部位とは、挿入部 40 の S 字形状部位を示す。第 1 決定部 127 は、挿入部 40 の挿入性が低下しないように、屈曲部位 201 a, 201 b それぞれの少なくとも一部の曲げ剛性を可変させるために、屈曲部位 201 a, 201 b から曲げ剛性を可変させる範囲である剛性変更範囲 411 を決定する。第 1 決定部 127 は、挿入制御装置 120 に配置される。判断部 121 は、例えば CPU または ASIC などを含む演算回路等によって構成される。

[0040] ここで、曲率半径  $R_a$ ,  $R_b$  よりも大きい値である閾値を、第 2 閾値と称する。

図 8 A に示すように、第 1 決定部 127 は、第 2 閾値と屈曲曲線 403 a とを基に、屈曲部位 201 a において、第 2 閾値と屈曲曲線 403 a との交点である第 1 遠交点 405 a と第 1 近交点 405 b とを算出する。第 1 遠交点 405 a は、変曲点 I から離れている交点である。第 1 近交点 405 b は、変曲点 I に近い交点であり、第 1 遠交点 405 a と変曲点 I との間に位置する交点である。

第 1 決定部 127 は、第 2 閾値と屈曲曲線 403 b とを基に、屈曲部位 201 b において、第 2 閾値と屈曲曲線 403 b との交点である第 2 遠交点 407 a と第 2 近交点 407 b とを算出する。第 2 遠交点 407 a は、変曲点 I から離れている交点である。第 2 近交点 407 b は、変曲点 I に近い交点であり、第 2 遠交点 407 a と変曲点 I との間に位置する交点である。

[0041] 図 8 A に示すように、例えば、第 1 決定部 127 は、屈曲部位 201 a において、変曲点 I から第 1 遠交点 405 a までの範囲を剛性変更範囲 411 a に決定する。第 1 決定部 127 は、屈曲部位 201 b において、変曲点 I から第 2 遠交点 407 a までの範囲を剛性変更範囲 411 b に決定する。剛性変更範囲 411 a, 411 b を合わせた範囲が剛性変更範囲 411 である。剛性変更範囲 411 a は、剛性変更範囲 411 b と連続する。

[0042] なお第 1 決定部 127 は、変曲点 I から第 1 遠交点 405 a までの範囲を剛性変更範囲 411 a に決定する必要はない。図 8 B に示すように、例えば

、第1決定部127は、屈曲部位201aにおいて変曲点1を基準に、変曲点1から第1遠交点405aまでの範囲の所望する割合を、剛性変更範囲411aと決定してもよい。また第1決定部127は、屈曲部位201bにおいて変曲点1を基準に、変曲点1から第2遠交点407aまでの範囲の所望する割合を、剛性変更範囲411bと決定してもよい。所望する割合とは、例えば50%などである。所望する割合が100%だと、図8Bに示す剛性変更範囲411aは、図8Aに示す剛性変更範囲411aと同一となる。所望する割合は、100%以上でもよい。剛性変更範囲411aにおける所望する割合は、剛性変更範囲411bにおける所望する割合と同一であっても異なってもよい。

[0043] なお第1決定部127は、屈曲部位201aまたは屈曲部位201bのいずれか一方のみに対して、剛性変更範囲411を決定してもよい。

[0044] 第1決定部127は、入力装置160から決定開始指示を入力されると決定を開始し、常に決定する。なお決定のタイミングは、一定時間経過毎に実施されていてもよく、特に限定されない。

[0045] [制御部129]

図2に示すように、挿入装置10は、挿入制御装置120に配置される制御部129を有する。制御部129は、例えばCPUまたはASICなどを含む演算回路等によって構成される。制御部129は、内視鏡20に内蔵される図示しない信号ケーブルを介して剛性可変部51に接続される。制御部129は、入力装置160から制御開始指示を入力されると制御を開始し、常に制御する。なお制御のタイミングは、一定時間経過毎に実施されていてもよく、特に限定されない。

[0046] 制御部129は、第1決定部127によって決定された剛性変更範囲411における挿入部40の曲げ剛性を、剛性変更範囲411における挿入部40が略直線化する曲げ剛性に制御する。図10Aと図10Bとに示すように、制御部129は、挿入部40の曲げ剛性を挿入部40が略直線化する曲げ剛性に制御するために、剛性変更範囲411a、411bに配置されるセグ

メント50に対応する剛性可変部51の剛性を制御する。図10Bにおいて、黒塗りされている剛性可変部51は、剛性を制御されている。

[0047] 制御部129は、挿入部40の状態情報が状態情報に対して予め設定された目標値に調整されるように、第1決定部127によって決定された剛性変更範囲に配置されるセグメント50に設けられる剛性可変部51の剛性を制御する。

[0048] この制御方法の一例を以下に説明する。

図9Aに示すように、制御部129は、状態情報である変角度 $\theta_1$ に対して予め設定された目標値と、検出ユニット60から得られる挿入部40の状態情報である変角度 $\theta_1$ との偏差がゼロとなるように、フィードバック制御する。これにより、屈曲部位201a, 201bは、直線化する。制御部129は、例えばPID制御器である。

[0049] また制御方法の別の一例を説明する。

図9Bに示すように、例えば、制御部129は、状態情報である速度比 $\gamma$ に対して予め設定された目標値と、検出ユニット60から得られる挿入部40の状態情報である速度比 $\gamma$ との偏差がゼロとなるように、フィードバック制御してもよい。制御部129は、例えばPID制御である。

[0050] また制御方法の別の一例を説明する。

制御部129は、オープン制御してもよい。図9Cと図9Dとに示すように、制御部129は、剛性可変信号（例えば電圧信号）を、第1決定部127によって決定された剛性変更範囲411における剛性可変部51に入力する。そして制御部129は、この剛性可変部51の剛性が高まるように、剛性可変部51を制御する。

[0051] 次に、制御部129の制御の開始の決定（タイミング）の一例を説明する。

なお、図2と図9Eとに示すように、制御部129は、速度比 $\gamma$ を基に剛性可変部51に対する制御タイミングを制御する制御開始決定部（以下、第2決定部131と称する）を有してもよい。速度比 $\gamma$ は、図3に示す先端速

度  $V_{out}$  と基端速度  $V_{in}$  との比である。例えば、操作者は、管路部 300 から外部に露出している挿入部 40 の基端部を把持し、この把持部位から挿入部 40 を押し進める。このとき、挿入部 40 を押し進める操作者の手元側の力が把持部位から挿入部 40 の先端部に伝達される。このような状況下で、 $\gamma > 0$  の場合、挿入部 40 の先端部は、基端部（把持部位）における手元側の力を入力されて、挿入されている状態である。なお  $\gamma = 1$  の場合、先端速度  $V_{out}$  : 基端速度  $V_{in} = 1 : 1$  である。 $\gamma = 0$  の場合、挿入部 40 の先端部は、基端部（把持部位）における手元側の力を入力されず、停止している状態である。

[0052] 例えば、 $\gamma > 0$  の場合、第 2 決定部 131 は、挿入部 40 が挿入されている状態言い換えると挿入部 40 の先端部の推進力が落ちきっていない状態で、剛性可変部 51 の制御を開始する。 $\gamma = 0$  の場合、第 2 決定部 131 は、挿入部 40 の挿入が停止している状態言い換えると挿入部 40 の推進力が失った状態で、剛性可変部 51 の制御を開始する。

[0053] この後、上記したフィードバック制御またはオープン制御が実施される。

[0054] なお、例えば、先端速度  $V_{out}$  は、挿入部 40 の先端部に内蔵される図示しない第 1 検出部によって検出されてもよい。例えば、第 1 検出部は、湾曲部 43 に内蔵される。例えば、基端速度  $V_{in}$  は、管路部 300 に入口 300a に配置される図示しない第 2 検出部によって検出されてもよい。第 1 検出部と第 2 検出部とは、例えば、加速度センサまたは磁気センサといった既知のセンサである。このように先端速度  $V_{out}$  と基端速度  $V_{in}$  との算出方法は、特に限定されない。

[0055] [入力装置 160]

図 2 に示すように、入力装置 160 は、検出ユニット 60 の動作を開始させる検出動作開始指示（検出開始指示と算出開始指示）を検出ユニット 60 に出力し、判断部 121 の形状判断部 123 の動作を開始させる判断開始指示を形状判断部 123 に出力する。入力装置 160 は、第 1 決定部 127 の動作を開始させる決定開始指示を第 1 決定部 127 に出力し、制御部 129

の動作を開始させる制御開始指示を制御部 129 に出力する。入力装置 160 は、検出動作開始指示と判断開始指示と決定開始指示と制御開始指示とを同時に出力してもよいし個別に出力してもよい。入力装置 160 は、例えば、一般的な入力用の機器であり、例えば、キーボード、マウス等のポインティングデバイス、タグリーダ、ボタンスイッチ、スライダ、ダイヤルである。

[0056] 入力装置 160 は、第 1 閾値を判断本体部 125 に、第 2 閾値を第 1 決定部 127 に、所望する割合を第 1 決定部 127 に、所望する角度を制御部 129 に、変角度  $\theta 1$  に対する目標値と速度比  $\gamma$  に対する目標値を制御部 129 に、入力する。入力装置 160 は、この入力を、挿入が実施される前に、言い換えると制御部 129 の制御が実施される前に、実施する。第 1 閾値と第 2 閾値と所望する割合と所望する角度と目標値とを含むパラメータは、予め図示しない記憶部に予め記憶されていてもよい。入力装置 160 が各開始指示を各部に出力することで、各部は記憶部からパラメータを読み込んでもよい。

[0057] なお第 1 閾値と第 2 閾値とは、大腸のトレーニングモデルまたは豚腸に対する挿入部 40 の挿入から仮決定されてもよい。そして仮決定された第 1 閾値と第 2 閾値とは、実際に挿入部 40 が挿入される際に入力装置 160 にて微修正される。なお微修正は、予め図示しない記憶部に記憶される複数の症例実績データを基に算出された適切な値によって実施されてもよい。そして実際の第 1 閾値と第 2 閾値とは、微修正された第 1 閾値と第 2 閾値とを基に、制御部 129 に算出される。算出された第 1 閾値は判断本体部 125 に入力され、算出された第 2 閾値は第 1 決定部 127 に入力される。

[0058] [作用]

挿入装置 10 が駆動開始した後、挿入部 40 は、入口 300 a から管路部 300 に挿入され、深部に向かってさらに挿入される。操作者が入力装置 160 を操作し、入力装置 160 は検出動作開始指示を検出ユニット 60 に出力すると、状態検出部 61 はリアルタイムで挿入部 40 の状態情報を検出す

る。状態検出部 6 1 によって検出された検出結果は、リアルタイムで状態算出部 6 3 に出力される。状態算出部 6 3 は、状態検出部 6 1 の検出結果を基に、リアルタイムで挿入部 4 0 の状態情報を算出する。状態算出部 6 3 は、状態検出部 6 1 の検出結果を基に、リアルタイムで挿入部 4 0 が挿入されている管路部 3 0 0 の状態情報をさらに算出する。状態算出部 6 3 は、状態算出部 6 3 によって算出された算出結果を、図示しない表示装置と形状判断部 1 2 3 と判断本体部 1 2 5 と第 1 決定部 1 2 7 と制御部 1 2 9 とに出力する。

[0059] そして、湾曲部 4 3 に対する湾曲操作部 3 1 の操作と挿入部 4 0 に対する操作者の押し込み操作、引っ張り操作及び振り操作とに伴い、図 3 に示すように、挿入部 4 0 は屈曲部 3 0 1 a, 3 0 1 b を通過する。図示しない表示装置は、状態検出部 6 1 と状態算出部 6 3 とによって、管路部 3 0 0 と屈曲部 3 0 1 a, 3 0 1 b の形状に対応して曲がる挿入部 4 0 の形状と屈曲部 3 0 1 a, 3 0 1 b を曲がりながら通過する挿入部 4 0 とを表示する。このように、図示しない表示装置は、状態算出部 6 3 によって算出された算出結果を基に、リアルタイムで管路部 3 0 0 内における現状の挿入部 4 0 の状態を表示する。操作者は、表示装置に表示される挿入部 4 0 の状態を基に、管路部 3 0 0 内における挿入部 4 0 の位置を監視する。

[0060] 挿入部 4 0 が屈曲部 3 0 1 a, 3 0 1 b を通過している状況下で、挿入部 4 0 を深部に向かって挿入させるために、操作者は、管路部 3 0 0 から外部に露出している挿入部 4 0 の基端部を把持し、この把持部位から挿入部 4 0 を押し進める。このとき、屈曲部 3 0 1 a, 3 0 1 b を通過している屈曲部位 2 0 1 a, 2 0 1 b によって、挿入部 4 0 を押し進める手元側の力が把持部位から挿入部 4 0 の先端部に伝達されにくいことがある。これにより座屈が屈曲部位 2 0 1 a, 2 0 1 b に発生することがあり、深部への挿入部 4 0 の挿入性が低下してしまうこととなる。このため操作者は、監視している状況下で入力装置 1 6 0 を操作する。入力装置 1 6 0 は、判断開始指示を形状判断部 1 2 3 に出力し、決定開始指示を第 1 決定部 1 2 7 に出力し、制御開

始指示を制御部 129 に出力する。

[0061] 図 4 A と図 4 B とに示すように、判断部 121 の形状判断部 123 は、例えば、角度  $\theta 2$  を算出し、角度  $\theta 2$  を基に挿入部 40 の形状が S 字形状であるか否かをリアルタイムで判断する。つまり形状判断部 123 は、挿入部 40 の形状が図 4 A に示すように S 字形状なのか図 4 B に示すように S 字形状以外の形状（例えば U 字形状）なのかを判断する。ここで、角度  $\theta 2 > 90^\circ$  となっており、挿入部 40 の形状が S 字形状であると、形状判断部 123 が判断したとする。そして、形状判断部 123 は、判断結果を判断本体部 125 に出力する。

[0062] 次に、図 7 A と図 7 B と図 7 C とに示すように、挿入部 40 の形状が S 字形状であると形状判断部 123 が判断し、変角度  $\theta 1$  が第 1 閾値である  $40^\circ$  以下、且つ  $d\theta/dt > 0$  であるとする。この場合、判断本体部 125 は、座屈によって挿入部 40 の挿入性が低下している、とリアルタイムで判断する。

[0063] 判断本体部 125 は、変角度  $\theta 1$  と第 1 閾値と変角度  $\theta 1$  の時間変化または曲率半径  $R a$ 、 $R b$  それぞれの時間変化とを基に、座屈による挿入部 40 の挿入性の低下を判断する。図 7 D に示すように、判断本体部 125 は、S 字形状の挿入部 40 が深部に向かって順調に挿入されている際に、挿入部 40 の挿入性が低下しているという誤判断を防止する。判断本体部 125 は、判断結果を第 1 決定部 127 に出力する。

[0064] 図 8 A と図 10 A とに示すように、第 1 決定部 127 は、屈曲部位 201 a において、変曲点 1 から第 1 遠交点 405 a までの範囲を剛性変更範囲 411 a にリアルタイムで決定する。また第 1 決定部 127 は、屈曲部位 201 b において、変曲点 1 から第 2 遠交点 407 a までの範囲を剛性変更範囲 411 b にリアルタイムで決定する。判断本体部 125 は、決定結果を制御部 129 に出力する。

[0065] 制御部 129 は、剛性変更範囲 411 a、411 b に配置されるセグメント 50 に設けられる剛性可変部 51 の剛性を、リアルタイムで制御する。こ

れにより、変角度 $\theta 1$ が目標値に調整され、剛性可変部51は、略直線となるように剛性を高める。または、変角度 $\theta 1$ に影響されることなく、剛性可変部51は、略直線となるように剛性を高める。

[0066] なお図4Aに示す角度 $\theta 2$ が算出されている場合、制御部129は、角度 $\theta 2$ が目標値（例えば180度）となるように、剛性可変部51の剛性を制御してもよい。この場合、入力装置160は、角度 $\theta 2$ に対する目標値を制御部129に入力する。入力装置160は、この入力を、挿入が実施される前に、言い換えると制御部129の制御が実施される前に、実施する。

[0067] したがって、図10Aと図10Bとに示すように、屈曲部位201a, 201bは、略直線部位203a, 203bに変化する。この変化に伴い、屈曲部301a, 301bも略直線部303a, 303bに変化する。つまり、制御部129は、剛性可変部51の剛性を制御することで屈曲部位201a, 201bを略直線部位203a, 203bに変化させ、略直線部位203a, 203bによって屈曲部301a, 301bも略直線部303a, 303bに変化させる。そして制御部129は、屈曲部301a, 301bを解消する。そして手元側の力が把持部位から挿入部40の先端部に効率的に伝達され、略直線部位203a, 203bは、略直線部303a, 303bを、深部に向かって容易に挿入されることとなる。つまり、挿入部40は、容易に前進移動することとなり、挿入部40の挿入性が向上する。また略直線部位203a, 203bが硬く、手元側の力が把持部位から挿入部40の先端部に効率的に伝達される。このため、座屈の発生は防止され、深部への挿入部40の挿入性は向上する。

[0068] なお剛性可変部51の剛性が高まらず、屈曲部位201a, 201bが屈曲状態のまま屈曲部301a, 301bを通過しようとする。この場合、手元側の力は屈曲部位201a, 201bによって挿入部の先端部に伝達され難くなり、座屈が屈曲部位201a, 201bに発生することがある。また通過部位が略直線部位であっても、略直線部位の剛性が低いと、座屈が発生してしまうことがある。また略直線部位の剛性が低いと、屈曲部301a,

301bは略直線部に变化できず、屈曲部301a、301bは屈曲状態のままであり、剛性が低い略直線部位は屈曲部301a、301bの圧力に耐え切れず屈曲してしまうことがある。

[0069] しかしながら、本実施形態では、屈曲部位201a、201bは略直線部位203a、203bに確実に变化し、屈曲部301a、301bは略直線部位203a、203bによって略直線部303a、303bに確実に变化し、略直線部位203a、203bの曲げ剛性は、剛性可変部51の剛性変化によって、高まる。このため、略直線部位203a、203bの屈曲が防止され、手元側の力が把持部位から挿入部40の先端部に効率的に伝達され、挿入部40は深部に向かって容易に挿入され、挿入部40の挿入性が向上する。また手元側の力が把持部位から挿入部40の先端部に効率的に伝達されるため、座屈の発生が防止され、深部への挿入部40の挿入性が向上する。

[0070] 例えば管路部300が大腸であり、挿入部40が屈曲部301a、301bであるS状結腸を通過している際、挿入部40においてS状結腸を通過している通過部位209a、209aは屈曲部位201a、201bとなっている。この屈曲部位201a、201bは剛性可変部51の剛性変化によって略直線部位203a、203bに変化し、S状結腸（屈曲部301a、301b）は略直線部位203a、203bによって略直線部303a、303bに変化する。また略直線部位203a、203bの曲げ剛性は、剛性可変部51の剛性変化によって、高まる。このため、略直線部位203a、203bの屈曲が防止され、手元側の力が把持部位から挿入部4040の先端部に効率的に伝達され、座屈の発生が防止される。よって、挿入部40は、S状結腸よりも大腸の深部に位置する横行結腸に向かって容易に挿入され、挿入部40の挿入性が向上する。またS状結腸から挿入してきた挿入部40が横行結腸を通過する際、S状結腸及び横行結腸それぞれに対応する屈曲部位は略直線部位に変化し、S状結腸と横行結腸とはそれぞれ略直線部位によって略直線部に変化する。このため、横行結腸よりも大腸の深部に位置する

上行結腸に向かって容易に挿入され、挿入部40の挿入性が向上する。

[0071] また大腸は、腹部内に固定されていない部分もあり、この場合は腹部内を容易に動くものである。特に、大腸は挿入部40の挿入動作によって動いてしまい、曲がっている大腸に対する挿入は容易ではない。しかしながら、上述したように挿入部40は、深部に向かって容易に挿入されることとなる。このように、挿入部40の挿入に伴い大腸の状態が変化しても、挿入性は向上する。

[0072] なお、例えば、略直線部位203a, 203bが略直線部303a, 303bの通過を完了した場合、制御部129は、この通過を、状態算出部63の算出結果（挿入部40の形状情報と管路部300の形状情報）を基に判断する。そして、制御部129は、略直線部303a, 303bの通過を完了した挿入部40の通過完了部位に配置されるセグメント50に設けられ且つ略直線状に変化する剛性を有する剛性可変部51の剛性を所望の剛性にまで下げる。例えば、制御部129は、制御した剛性可変部51の剛性を、所望するタイミングで初期の剛性に戻す。これにより通過完了部位は、略直線状態を解放され低強度部に戻り、外力を受けることによって曲げられることが可能となる。このため、挿入部40は、管路部300の形状に沿って曲がることが可能となる。なお操作者が、図示しない表示装置を通じて、管路部300内における挿入部40の位置及び状態を監視しているとする。この状況下で、操作者は、入力装置160を操作して、入力装置160から各種の開始指示の出力を停止してもよい。これにより、通過完了部位は、略直線状態を解放され低強度部に戻り、外力を受けることによって曲げられることが可能となる。

[0073] [効果]

このように本実施形態では、挿入部40の挿入性が低下しているか否かを判断部121が判断する。挿入性が低下している場合、第1決定部127は判断部の判断に利用された挿入部40の一部位の中から剛性変更範囲411を決定する。そして、制御部129は、第1決定部127によって決定さ

れた剛性変更範囲411における挿入部40の曲げ剛性を制御する。

このため、本実施形態では、屈曲部位201a, 201bを略直線部位203a, 203bに変化でき、手元側の力を把持部位から挿入部40の先端部に効率的に伝達でき、深部への挿入部40の挿入性を向上できる。本実施形態では、略直線部位203a, 203bが硬く、手元側の力を把持部位から挿入部40の先端部に効率的に伝達できるため、座屈の発生を防止でき、深部への挿入部40の挿入性を向上できる。本実施形態では、深部への挿入部40の挿入に伴い管路部300の状態が変化しても、深部への挿入性を向上できる。本実施形態では、座屈の発生を防止できるため、患者に対して低侵襲で挿入部40を挿入できる。本実施形態では、挿入部40の挿入性を向上できるため、挿入装置10を操作する操作者の負担を軽減できる。

[0074] 本実施形態では、判断部121において、形状判断部123は挿入部40の状態情報を基に挿入部40の形状を判断し、判断本体部125は挿入部40の状態情報と形状判断部123の判断結果とを基に座屈による挿入部40の挿入性低下を判断する。このため本実施形態では、簡単な構成で、挿入部40の挿入性低下を判断できる。

[0075] 本実施形態では、形状判断部123は、角度 $\theta_2$ を基に挿入部40の形状がS字形状であるか否かを判断する。または形状判断部123は、曲率半径 $R_a$ ,  $R_b$ それぞれに定義される符号を基に、挿入部40の形状がS字形状であるか否かを判断する。または形状判断部123は、変曲点1の接線401aに対する曲率中心 $C_a$ ,  $C_b$ それぞれの位置を基に、挿入部40の形状がS字形状であるか否かを判断する。このため本実施形態では、挿入部40の形状がS字形状なのかS字形状以外の形状（例えばU字形状）なのかを判断でき、判断本体部125に対する判断材料を提供でき、挿入部40の挿入性を確実に向上できる。

[0076] 本実施形態では、判断本体部125は、挿入部40の形状がS字形状であると形状判断部123が判断し、変角度 $\theta_1$ が第1閾値以下、且つ変角度 $\theta_1$ の時間変化が正または曲率半径 $R_a$ ,  $R_b$ それぞれの時間変化が負である

ときに、座屈によって挿入部40の挿入性が低下している、と判断する。このため、本実施形態では、座屈による挿入部40の挿入性が低下していることを判断できる。また本実施形態では、挿入部40の形状がS字形状であれば、挿入部40の挿入性が低下していると単純に判断しているのではない。したがって本実施形態では、S字形状の挿入部40が深部に向かって順調に挿入されている際に、挿入部40の挿入性が低下していると誤判断することを防止できる。

[0077] 本実施形態では、第1決定部127は、判断部121の判断に利用された挿入部40の一部位である屈曲部位201a, 201bのなかから剛性変更範囲411を決定する。このため本実施形態では、剛性変更範囲411を管路部300の状況等に応じて適宜調整できる。

[0078] なお本実施形態では、曲率半径が用いられているが、曲率が用いられてもよい。曲率は、曲率半径の逆数である。この場合、第2閾値は、曲率に対する閾値となる。

[0079] 本実施形態では、第1決定部127は、第2閾値と屈曲曲線403aとを基に変曲点1から第1遠交点405aまでの範囲を剛性変更範囲411aに決定する。第1決定部127は、第2閾値と屈曲曲線403bとを基に変曲点1から第2遠交点407aまでの範囲を剛性変更範囲411bに決定する。このように、屈曲部位201a, 201b全てが剛性変更範囲411に決定されるわけではないため、剛性変更範囲411を管路部300の状況等に応じて適宜調整できる。

[0080] 本実施形態では、第1決定部127は、屈曲部位201aにおいて変曲点1を基準に変曲点1から第1遠交点405aまでの所望する割合を剛性変更範囲411aに決定し、屈曲部位201bにおいて変曲点1を基準に変曲点1から第2遠交点407aまでの所望する割合を剛性変更範囲411bに決定する。このため本実施形態では、剛性変更範囲411を管路部300の状況等に応じて適宜調整できる。また本実施形態では、変曲点1を中心に曲げ剛性を変えることができるために、略直線部位203a, 203bを互いに

連続させることができ、挿入部40の挿入性を向上できる。

[0081] 本実施形態では、制御部129は、第1決定部127によって決定された剛性変更範囲411に配置されるセグメント50に設けられる剛性可変部51の剛性を制御する。このため、挿入部40の曲げ剛性を精緻に制御できる。

[0082] 本実施形態では、制御部129は、剛性可変部51の剛性を制御することで、屈曲部位201a, 201bを略直線部位203a, 203bに変化でき、挿入部40の挿入性を向上できる。

[0083] 本実施形態では、第2決定部131は、算出した速度比 $\gamma$ を基に剛性可変部51に対する制御タイミングを制御する。このため、挿入部40の挿入状態または停止状態化に応じて、剛性可変部51の制御を開始でき、挿入部40の挿入性を向上できる。例えば、 $\gamma > 0$ の場合、どんなに先端速度 $V_{out}$ が遅くても、剛性可変部51が制御されるため、確実に屈曲部位201a, 201bを略直線部位203a, 203bに変化でき、挿入部40の挿入性を向上できる。 $\gamma = 0$ の場合、挿入部40の挿入が停止している状態である。つまり挿入部40の先端が一度停止した後、剛性可変部51が制御される。このように制御タイミングを調整可能とすることで、操作者の好みに応じた挿入性向上のタイミング設定が可能となる。また第2決定部131は、速度比 $\gamma$ が予め設定された目標値となるように、剛性可変部51の剛性を制御してもよい。このため、先端速度 $V_{out}$ と基端速度 $V_{in}$ との速度の低下を抑制でき、挿入部40の挿入性を向上できる。

[0084] なお判断部121は、パターンマッチングによって挿入部40の挿入性が低下しているか否かを判断してもよい。形状判断部123は、座屈が発生する挿入部40の形状情報を予め記憶する。判断本体部125は、挿入部40の現在の形状情報が、形状判断部123に記憶された挿入部40の形状情報に一致するか否かを判断する。そして判断本体部125が一致していると判断した場合、判断本体部125は、座屈によって挿入部40の挿入性が低下している、と判断する。なお形状判断部123ではなく、図示しない記憶部

が、座屈が発生する挿入部40の形状情報を予め記憶してもよい。そして、判断本体部125は、記憶部に記憶された挿入部40の形状情報を読み出ししてもよい。

[0085] 判断本体部125に予め記憶される挿入部40の形状情報において、例えば、大腸のトレーニングモデルまたは豚腸が用いられる。この場合、挿入部40は、事前にトレーニングモデルの深部または豚腸の深部に予め挿入される。このときの挿入部40の形状を予め記憶する挿入部40の形状情報として、判断本体部125は記憶する。判断本体部125は、記憶した挿入部40の形状情報を、実際に挿入部40が挿入された際に、微修正する。微修正の量は、例えば、操作者の好みに応じる。微修正は、例えば、大腸の状態を基に、操作者の考えで実施される。大腸の状態は、例えば硬さを示し、操作者の経験を基に判断される。

[0086] 本発明は、上記実施形態そのままに限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化できる。また、上記実施形態に開示される複数の構成要素の適宜な組み合わせにより種々の発明を形成できる。

## 請求の範囲

- [請求項1] 被挿入体に挿入される挿入部と、  
少なくとも前記挿入部の形状情報を含む前記挿入部の状態情報を検出する検出ユニットと、  
前記挿入部の前記状態情報を基に、現在位置から深部への前記挿入部の挿入性が低下しているか否かを判断する挿入性判断部と、  
前記挿入部の前記挿入性が低下していると前記挿入性判断部が判断した際に、前記挿入性判断部の判断に利用された前記挿入部の一部位のなかから剛性変更範囲を決定する剛性変更範囲決定部と、  
前記剛性変更範囲決定部によって決定された前記剛性変更範囲における前記挿入部の曲げ剛性を、前記剛性変更範囲における前記挿入部が略直線化する曲げ剛性に制御する剛性制御部と、  
を具備する可撓管挿入装置。
- [請求項2] 前記挿入性判断部は、  
前記挿入部の前記状態情報を基に前記挿入部の形状を判断する形状判断部と、  
前記挿入部の前記状態情報と前記形状判断部の判断結果とを基に、座屈による前記挿入部の前記挿入性の低下を判断する判断本体部と、  
を有する請求項1に記載の可撓管挿入装置。
- [請求項3] 前記挿入部の前記状態情報は、前記挿入部において互いに対して連続している第1及び第2屈曲部位それぞれの第1及び第2曲率中心と、前記第1及び第2屈曲部位の連続部位である変曲点とを含み、  
前記形状判断部は、前記第1曲率中心と前記変曲点と前記第2曲率中心とをこの順番で結ぶ線分によって形成される角度を基に、前記挿入部の前記形状がS字形状であるか否かを判断する請求項2に記載の可撓管挿入装置。
- [請求項4] 前記挿入部の前記状態情報は、前記挿入部において互いに対して連

続している第1及び第2屈曲部位それぞれの第1及び第2曲率半径と、前記第1及び第2屈曲部位の連続部位である変曲点とを含み、

前記形状判断部は、前記変曲点を含む前記挿入部を中心として、前記挿入部の挿入方向における側方の一方側に位置する屈曲部位の曲率半径の符号を「+」と定義し、前記挿入方向における前記側方の他方に位置する屈曲部位の曲率半径の符号を「-」と定義し、前記第1及び第2曲率半径それぞれに定義される前記符号を基に、前記挿入部の前記形状がS字形状であるか否かを判断する請求項2に記載の可撓管挿入装置。

[請求項5] 前記挿入部の前記状態情報は、前記挿入部において互いに対して連続している第1及び第2屈曲部位それぞれの第1及び第2曲率中心と、前記第1及び第2屈曲部位の連続部位である変曲点とを含み、

前記形状判断部は、前記変曲点の接線に対する前記第1及び第2曲率中心それぞれの位置を基に、前記挿入部の前記形状がS字形状であるか否かを判断する請求項2に記載の可撓管挿入装置。

[請求項6] 前記挿入部の前記状態情報は、前記変曲点の接線と前記挿入部の一部位の中心軸の延長線との間に形成される変角度と、前記第1及び第2屈曲部位それぞれの第1及び第2曲率半径とを含み、

前記判断本体部は、前記挿入部の前記形状がS字形状であると前記形状判断部が判断し、前記変角度が第1閾値以下、且つ前記変角度の時間変化が正または手元側の曲率半径の時間変化が負であるときに、座屈によって前記挿入部の前記挿入性が低下している、と判断する請求項3乃至請求項5のいずれかに記載の可撓管挿入装置。

[請求項7] 前記挿入部の前記状態情報は、前記挿入部において互いに対して連続している第1及び第2屈曲部位と、前記第1及び第2屈曲部位の連続部位である変曲点と、前記第1及び第2屈曲部位と前記第1及び第2屈曲部位それぞれの第1及び第2曲率半径との関係を表す屈曲曲線とを含み、

前記剛性変更範囲決定部は、前記第1及び第2曲率半径よりも大きい値である第2閾値と前記屈曲曲線とを基に、前記第1屈曲部位において、前記第2閾値と前記屈曲曲線との交点である第1遠交点と第1近交点とを算出し、

前記第1遠交点は前記変曲点から離れている交点であり、前記第1近交点は前記変曲点に近い交点であり、

前記剛性変更範囲決定部は、前記第2閾値と前記屈曲曲線とを基に、前記第2屈曲部位において、前記第2閾値と前記屈曲曲線との交点を第2遠交点と第2近交点とを算出し、

前記第2遠交点は前記変曲点から離れている交点であり、前記第2近交点は前記変曲点に近い交点であり、

前記剛性変更範囲決定部は、前記第1屈曲部位において前記変曲点から前記第1遠交点までの範囲を前記剛性変更範囲に決定し、前記第2屈曲部位において前記変曲点から前記第2遠交点までの範囲を前記剛性変更範囲に決定する請求項1に記載の可撓管挿入装置。

[請求項8]

前記剛性変更範囲決定部は、前記第1屈曲部位において前記変曲点を基準に前記変曲点から前記第1遠交点までの範囲の所望する割合を前記剛性変更範囲に決定し、前記第2屈曲部位において前記変曲点を基準に前記変曲点から前記第2遠交点までの範囲の所望する割合を前記剛性変更範囲に決定する請求項7に記載の可撓管挿入装置。

[請求項9]

前記挿入部は、長手軸方向に沿って列状に並ぶ複数のセグメントに区切られており、

前記可撓管挿入装置は、剛性が可変し、前記剛性によって前記挿入部の曲げ剛性を前記セグメント単位で可変する1以上の剛性可変部を有し、

前記剛性制御部は、前記剛性変更範囲決定部によって決定された前記剛性変更範囲に配置される前記セグメントに対応する前記剛性可変部の前記剛性を制御する請求項1に記載の可撓管挿入装置。

[請求項10] 前記挿入部の前記状態情報は、前記挿入部において互いに対して連続している第1及び第2屈曲部位の連続部位である変曲点と、前記変曲点の接線と前記挿入部の一部位の中心軸の延長線との間に形成される変角度とを含み、

前記剛性制御部は、前記変角度が前記変角度に対する予め設定された目標値に調整されるように、前記剛性変更範囲決定部によって決定された前記剛性変更範囲に配置される前記セグメントに対応する前記剛性可変部の前記剛性を、制御する請求項9に記載の可撓管挿入装置。

[請求項11] 前記挿入部の前記状態情報は、前記挿入部の先端部における先端速度と前記挿入部の基端部における基端速度との速度比を含み、

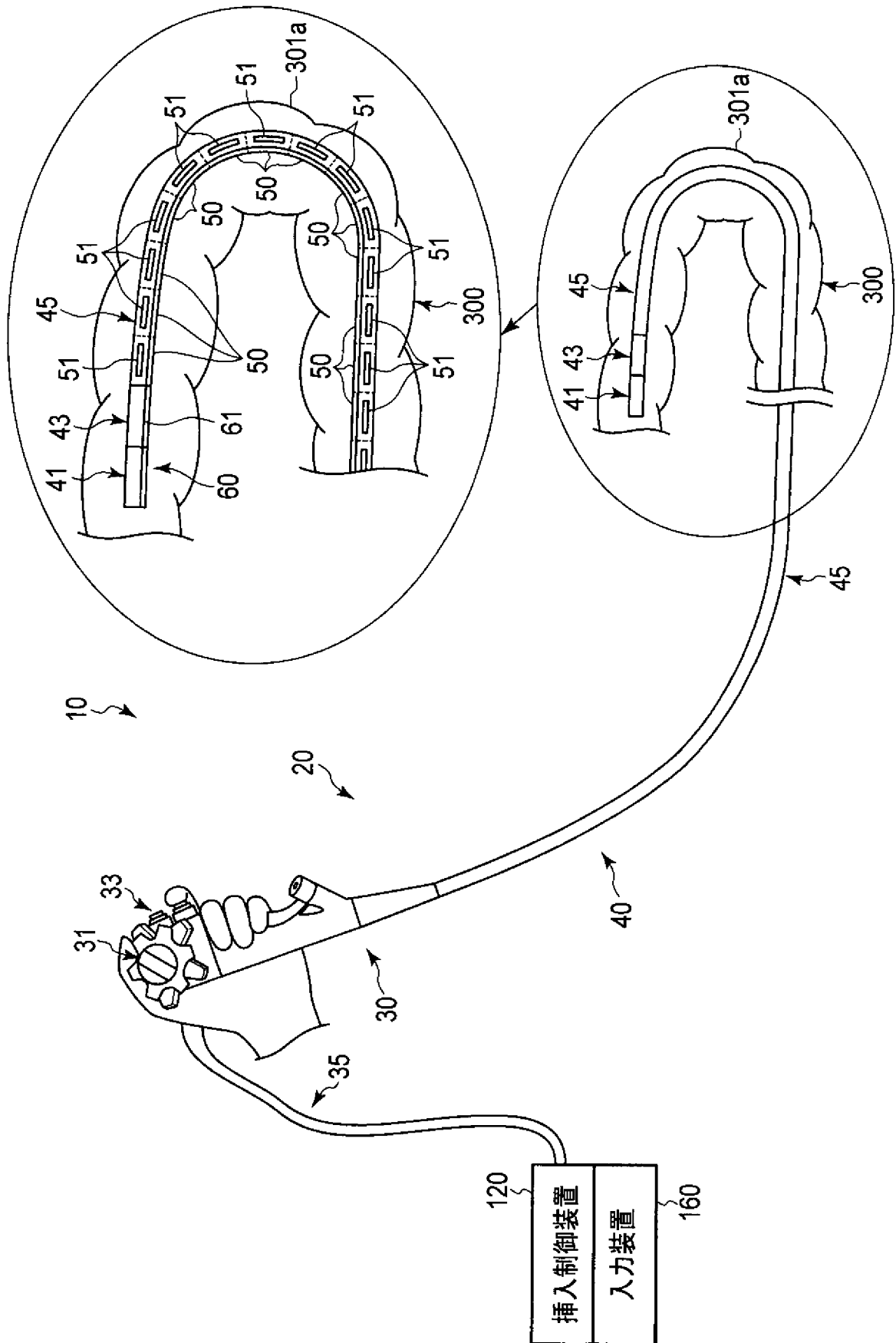
前記剛性制御部は、前記速度比が前記速度比に対する予め設定された目標値に調整されるように、前記剛性変更範囲決定部によって決定された前記剛性変更範囲に配置される前記セグメントに対応する前記剛性可変部の前記剛性を、制御する請求項9に記載の可撓管挿入装置。

[請求項12] 前記挿入部の前記状態情報は、前記挿入部の先端部における先端速度と前記挿入部の基端部における基端速度との速度比を含み、

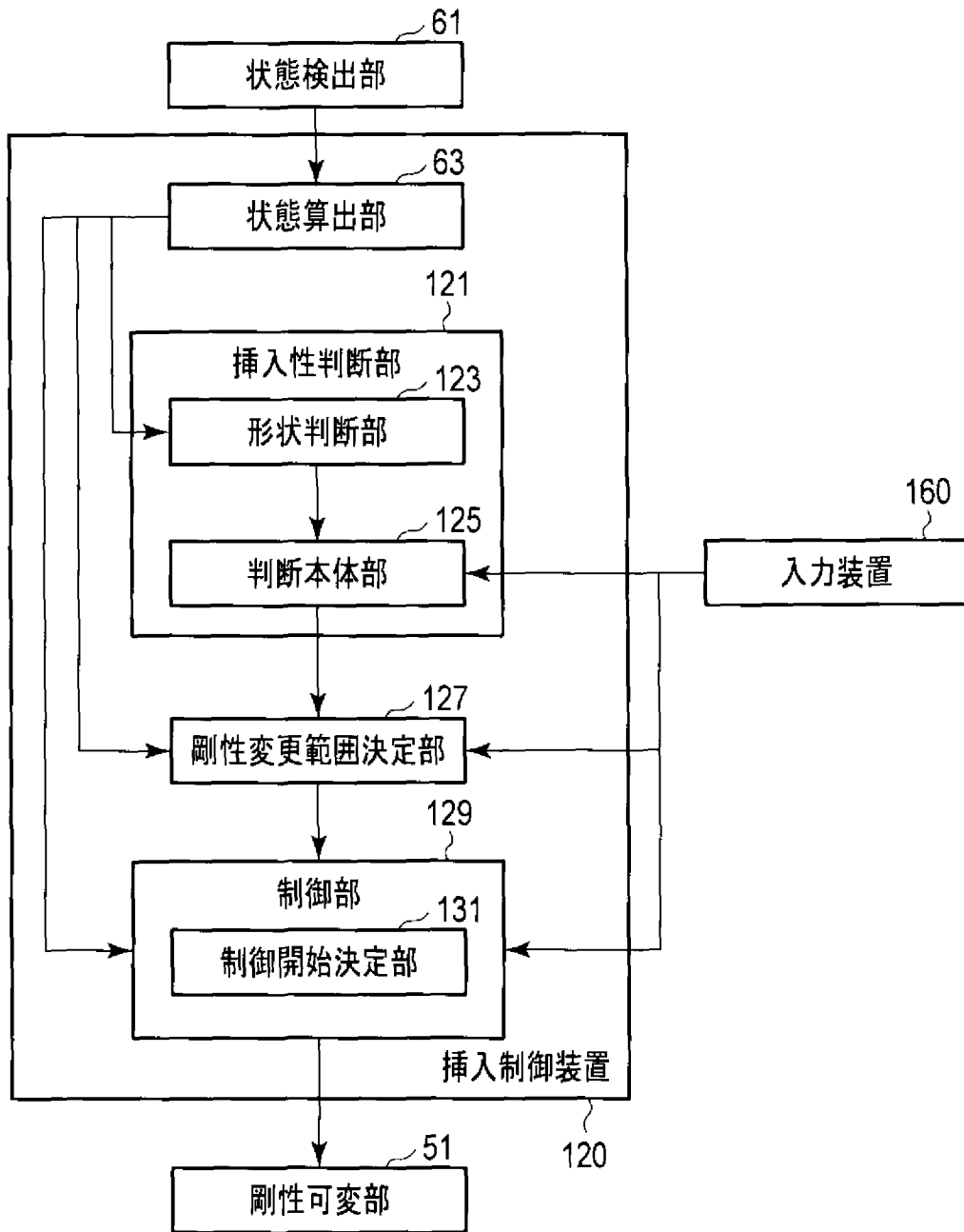
前記剛性制御部は、前記速度比を基に前記剛性可変部に対する制御タイミングを制御する制御開始決定部を有する請求項9に記載の可撓管挿入装置。

[請求項13] 前記制御開始決定部は、前記速度比が予め設定された目標値となるように、前記剛性可変部の前記剛性を制御する請求項12に記載の可撓管挿入装置。

[図1]

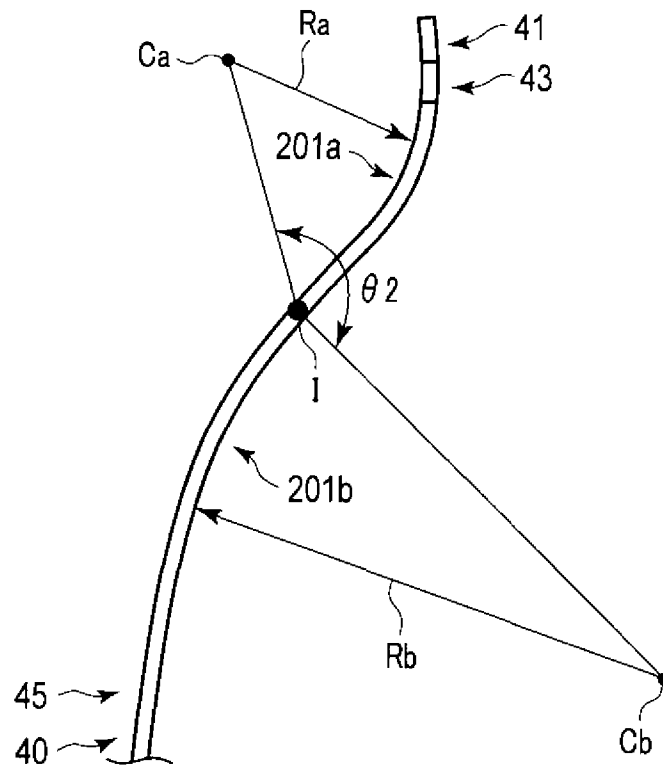


[図2]

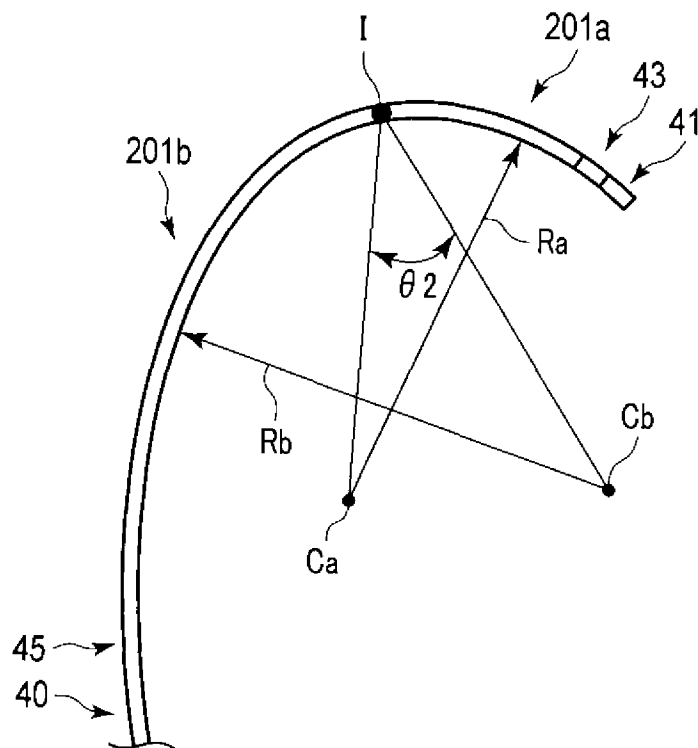




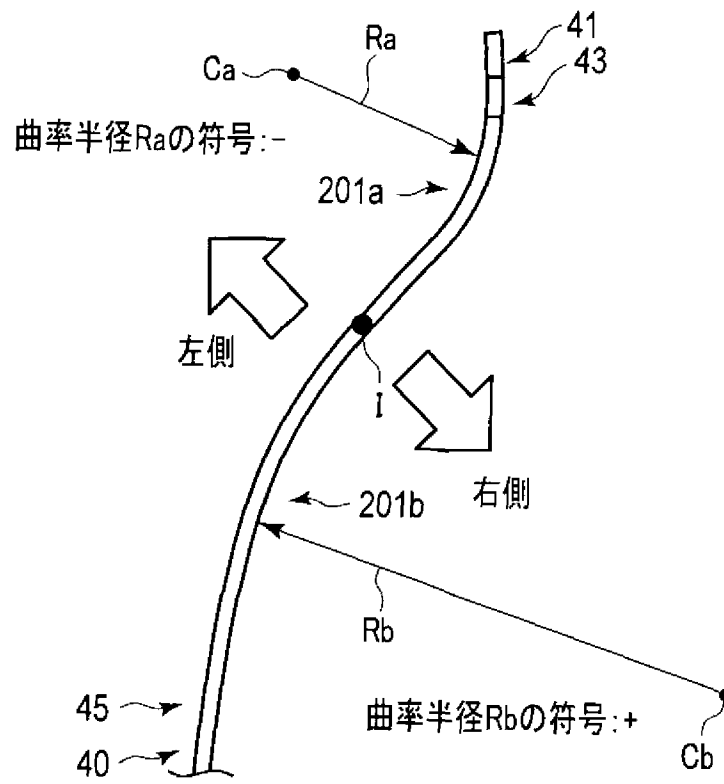
[図4A]



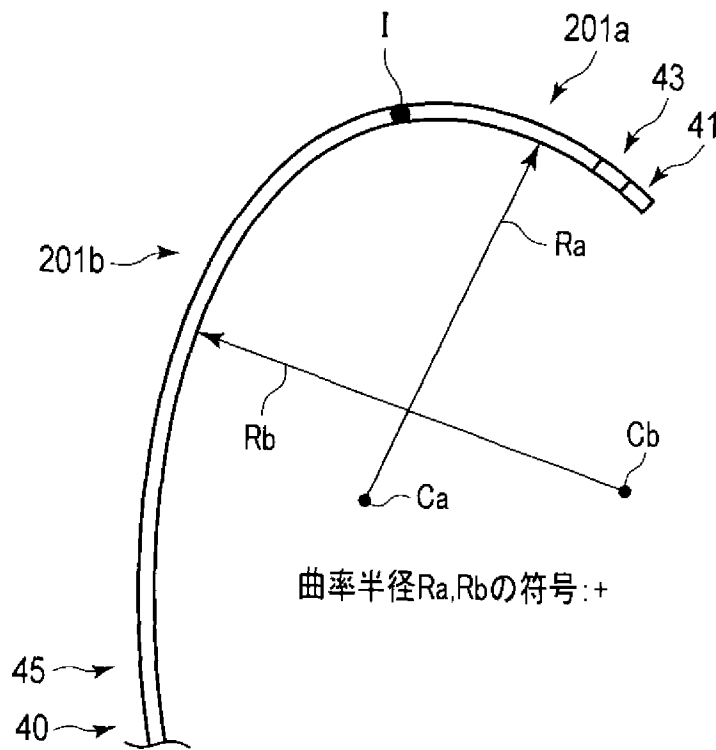
[図4B]



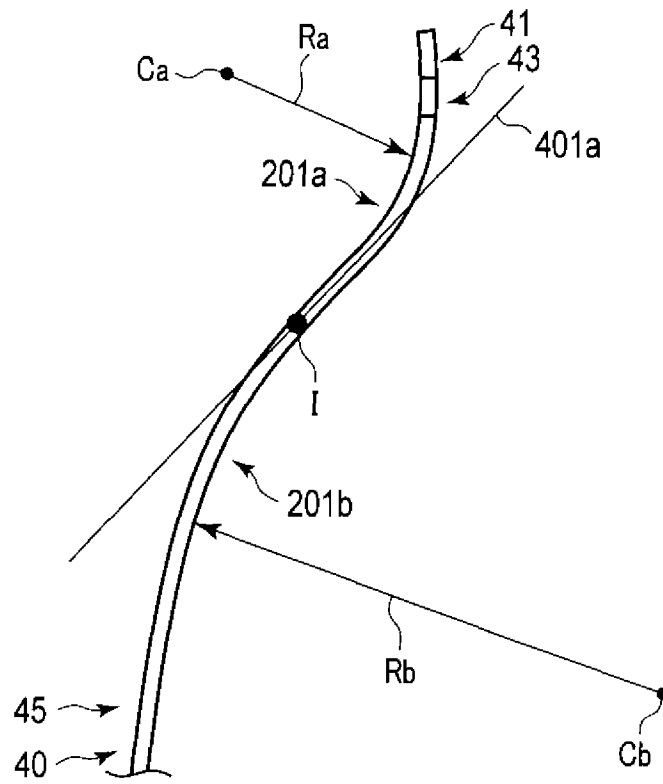
[図5A]



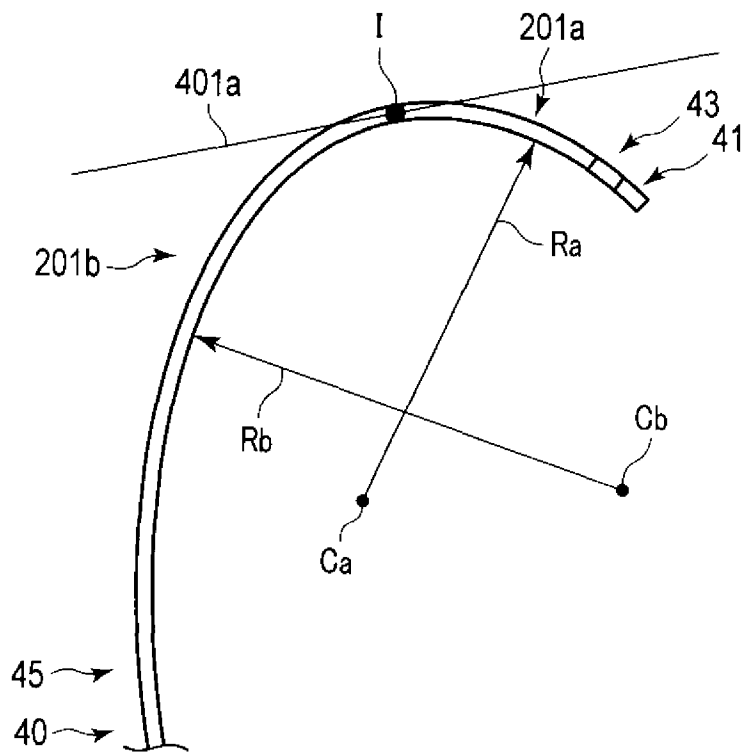
[図5B]



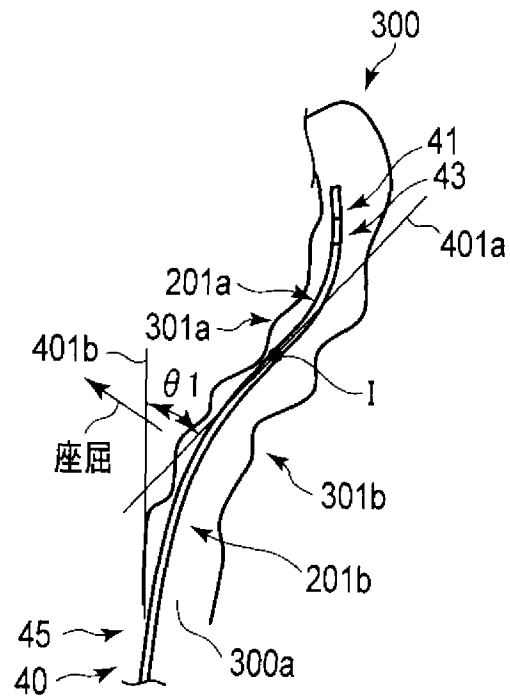
[図6A]



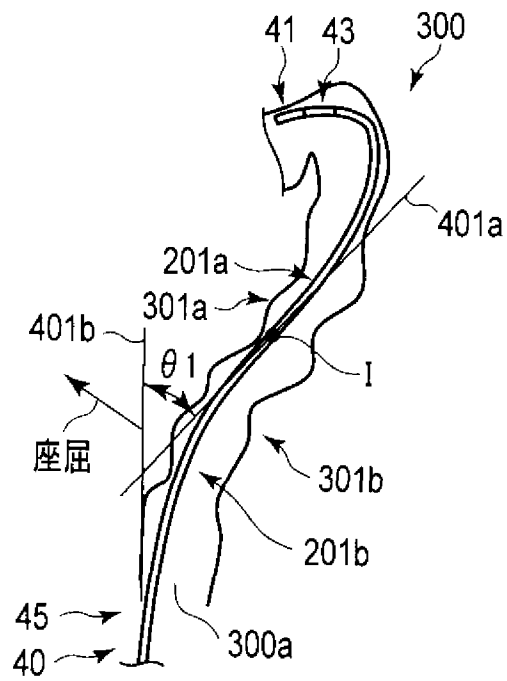
[図6B]



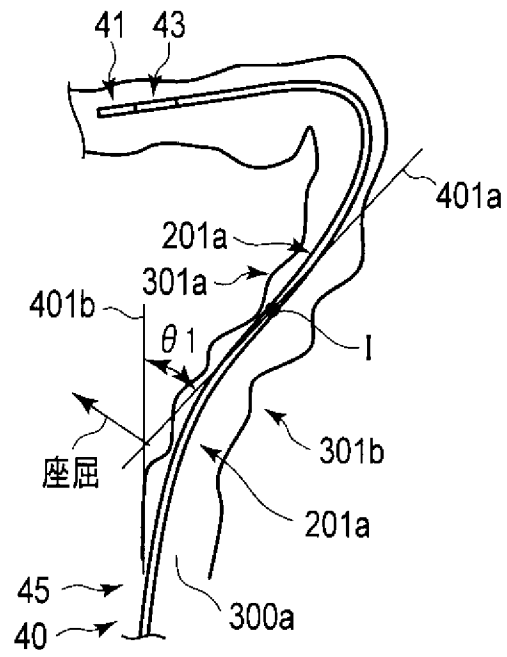
[図7A]



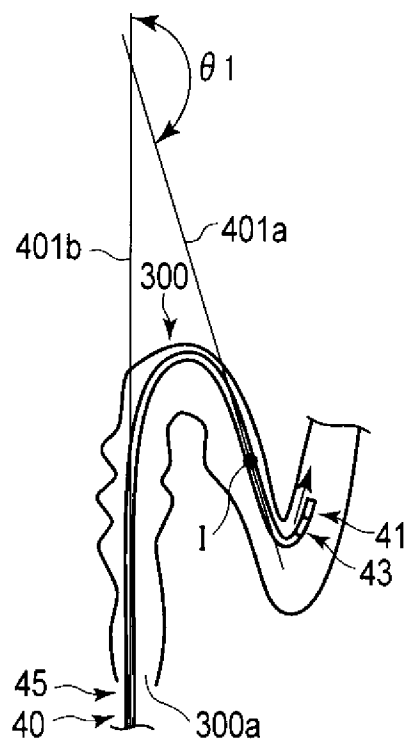
[図7B]



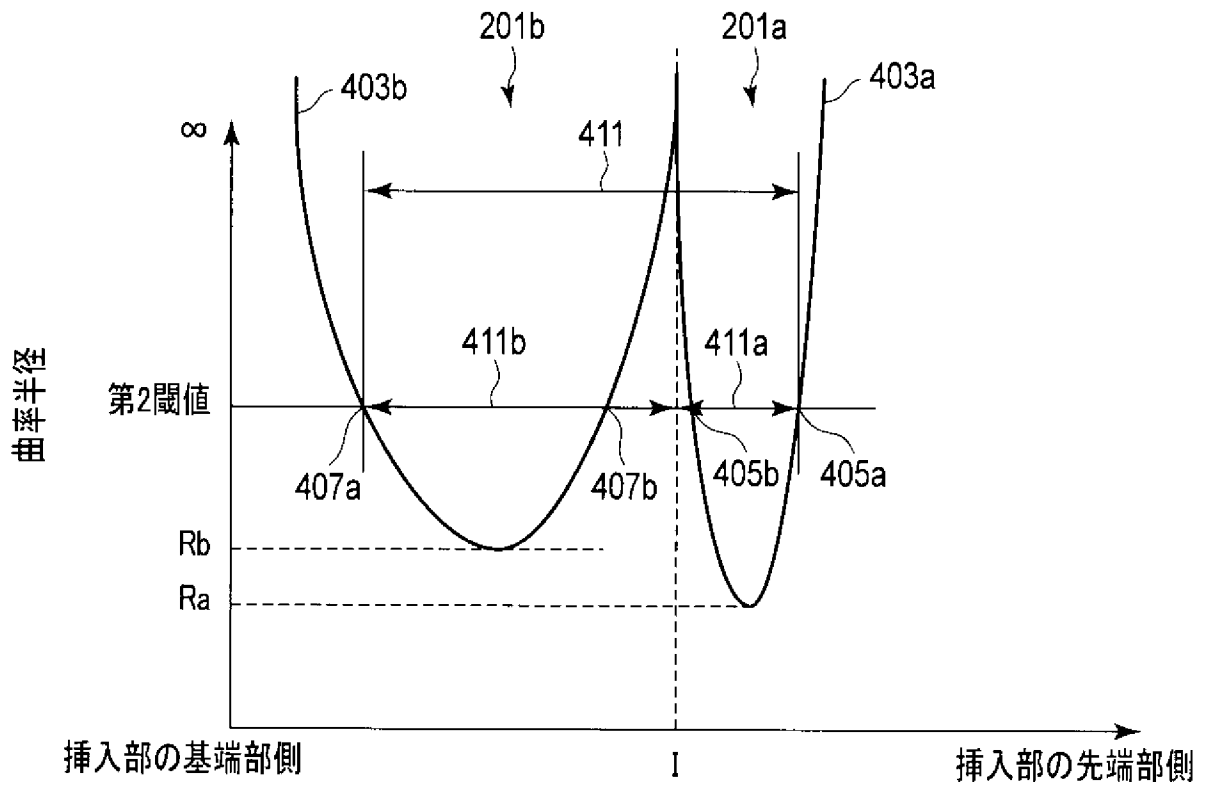
[図7C]



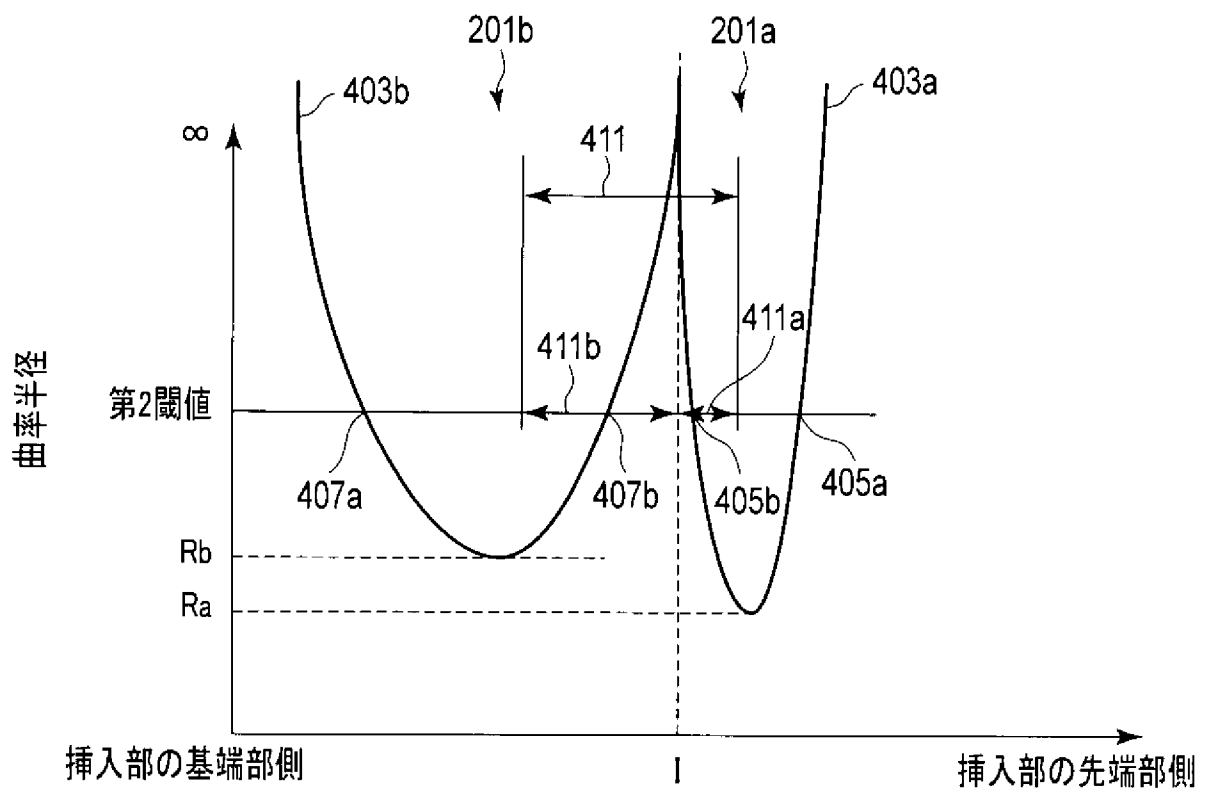
[図7D]



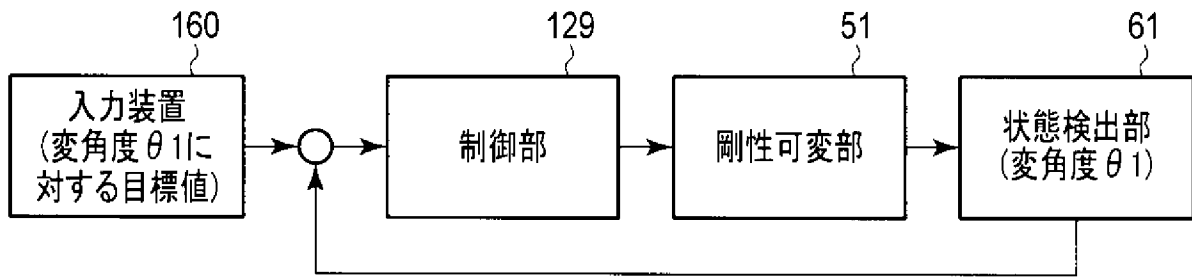
[図8A]



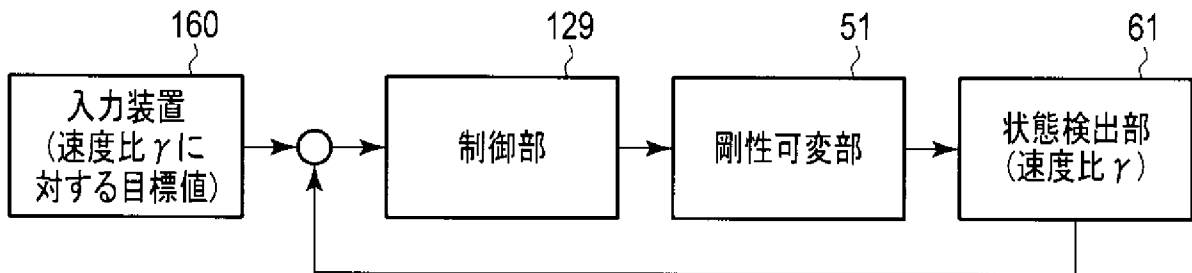
[図8B]



[図9A]



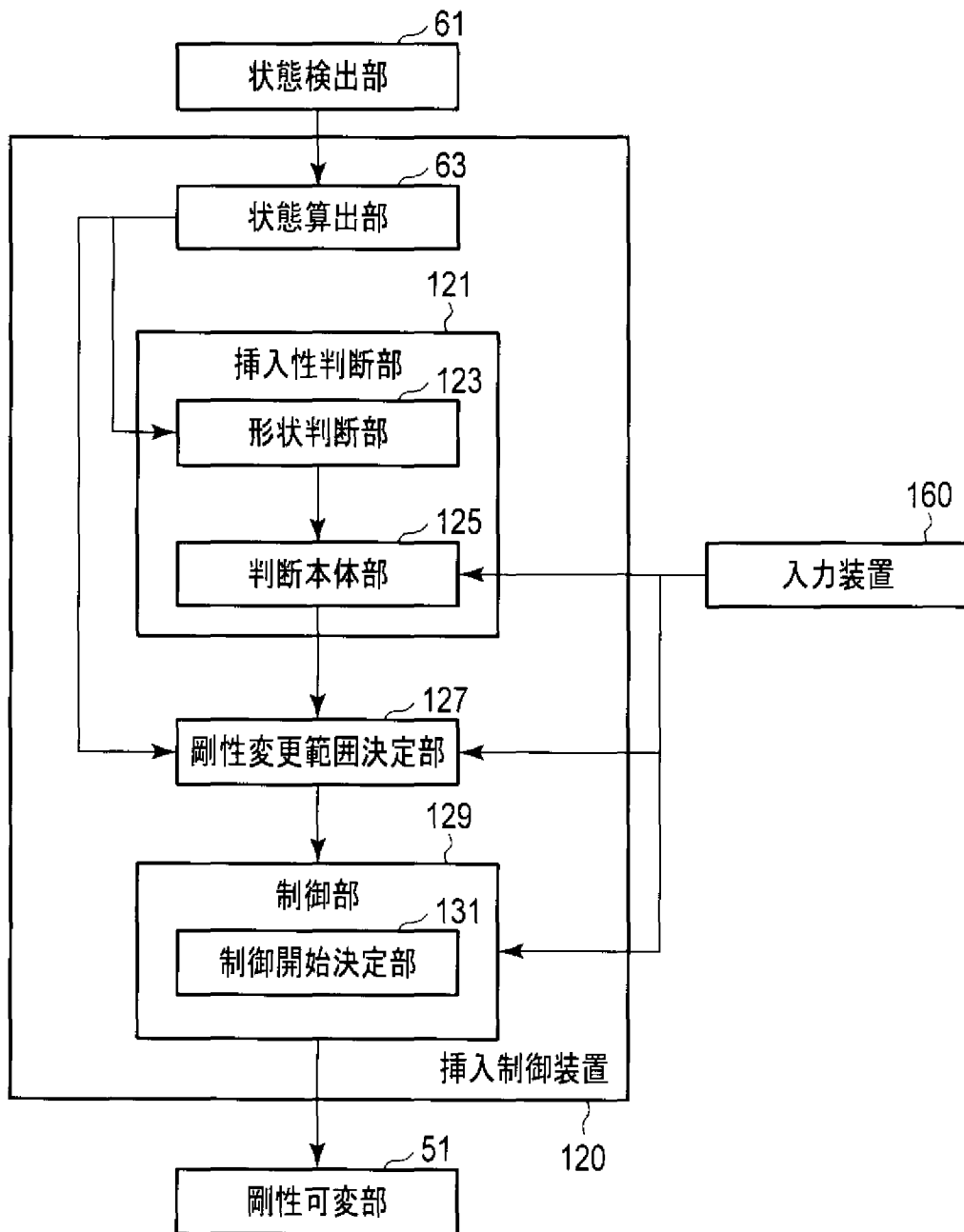
[図9B]



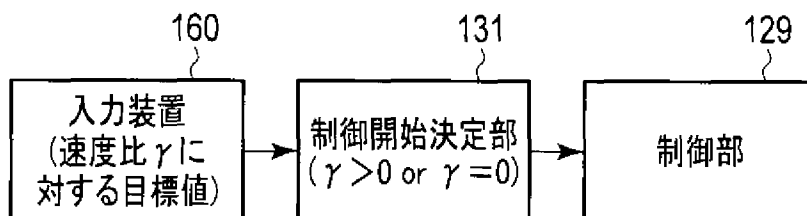
[図9C]



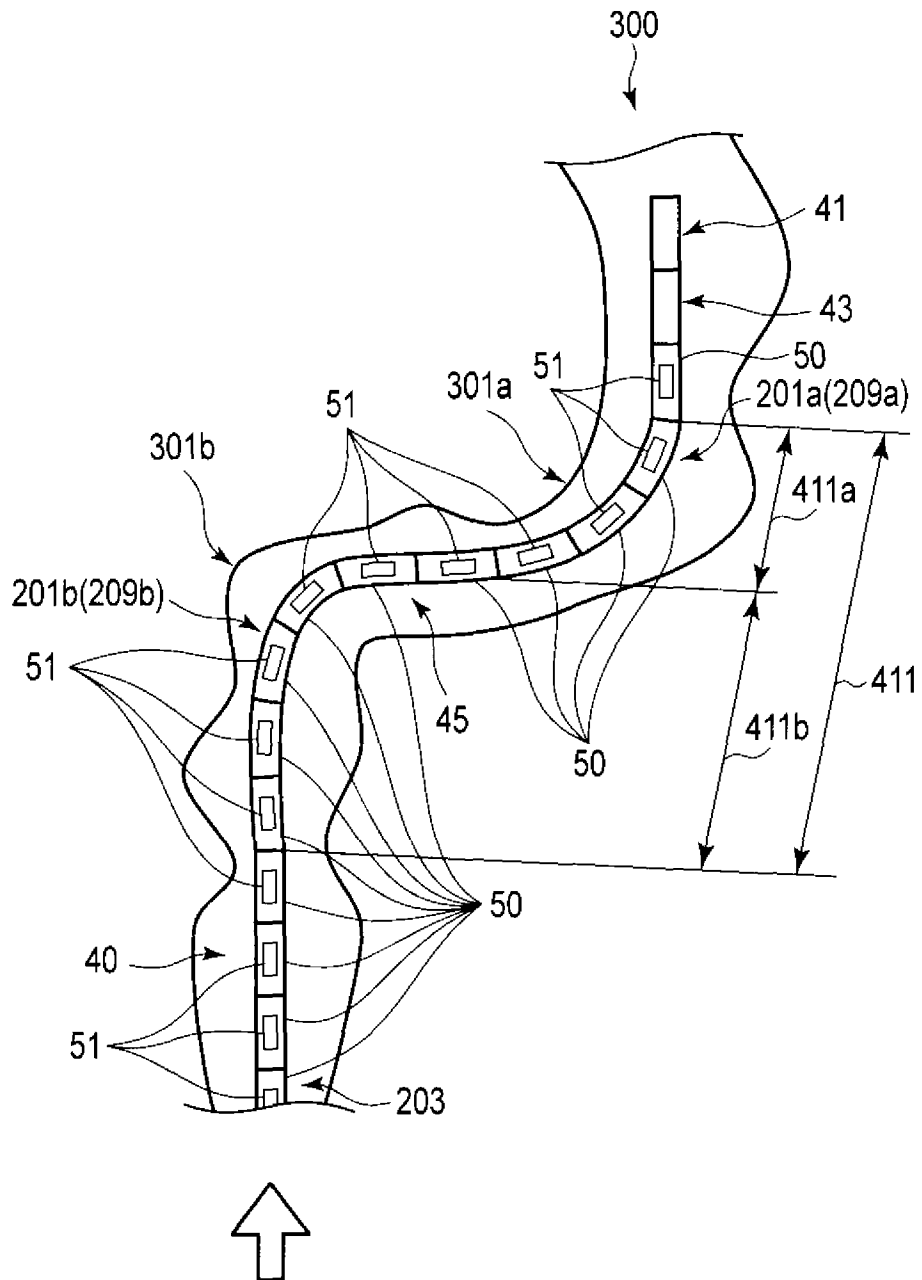
[図9D]



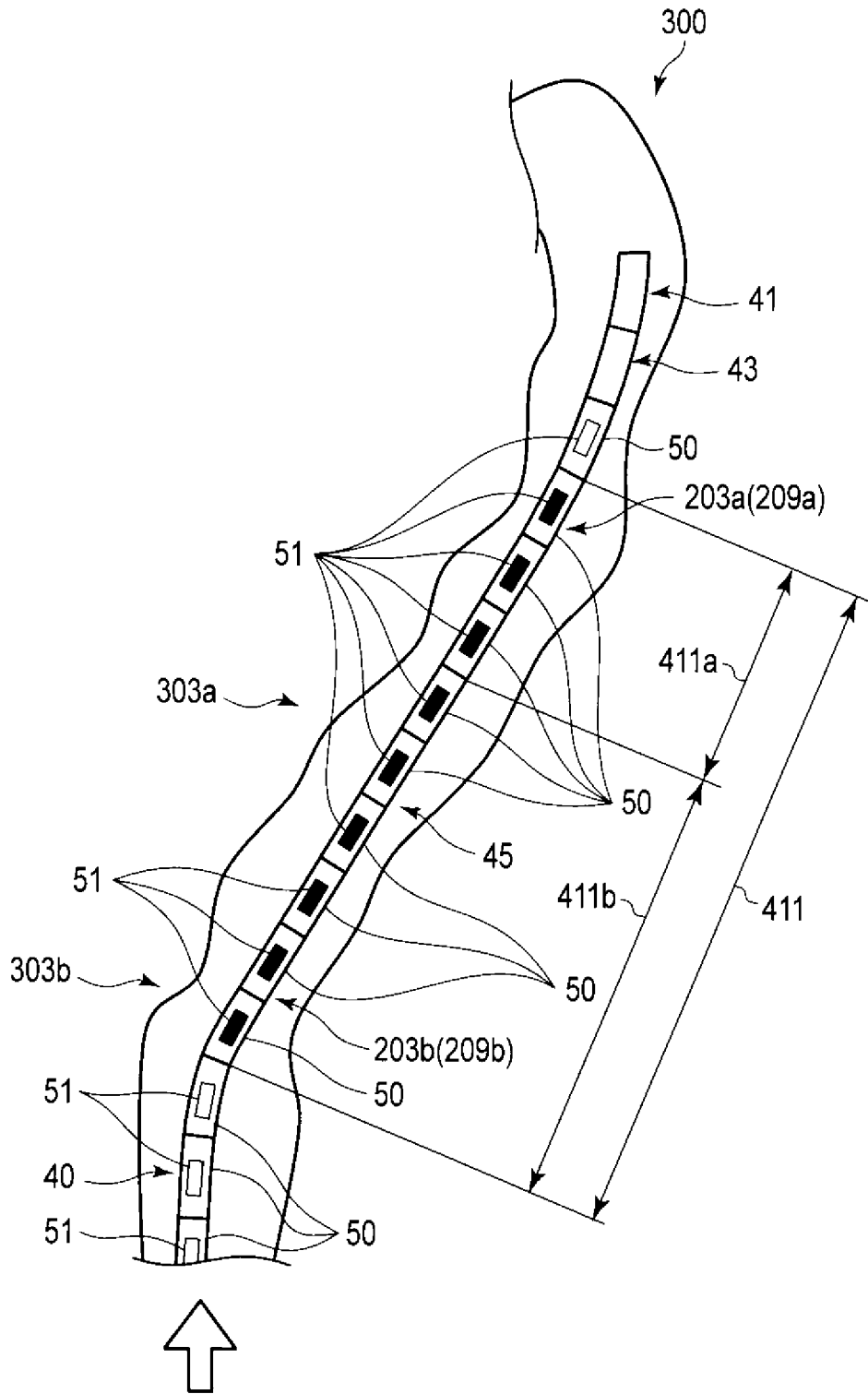
[図9E]



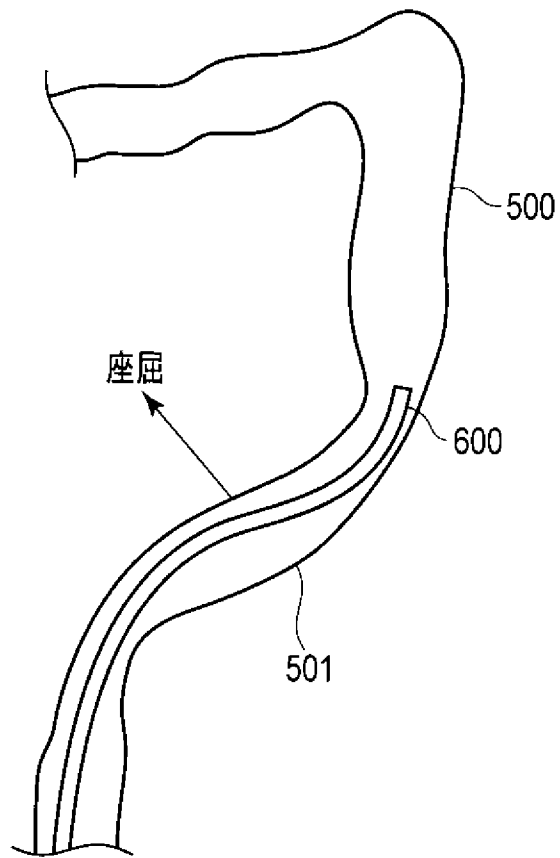
[図10A]



[図10B]



[図11]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.  
PCT/JP2015/086397

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
A61B1/00(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
A61B1/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 6-70879 A (Toshiba Corp.), 15 March 1994 (15.03.1994), paragraph [0076] & US 5482029 A lines 27 to 57 of the 18th column	1-13
A	WO 2006/028019 A1 (Olympus Corp.), 16 March 2006 (16.03.2006), paragraphs [0035] to [0040]; fig. 8A, 8B & EP 1787575 A1 paragraphs [0084] to [0100]; fig. 8A, 8B & CN 101010027 A	1-13

Further documents are listed in the continuation of Box C.       See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 22 March 2016 (22.03.16)	Date of mailing of the international search report 29 March 2016 (29.03.16)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer  Telephone No.
--	---

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. A61B1/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. A61B1/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 6-70879 A (株式会社東芝) 1994.03.15, [0076] & US 5482029 A Lines 27-57 of the 18th column	1-13
A	WO 2006/028019 A1 (オリンパス株式会社) 2006.03.16, [0035]-[0040], 図 8A, 8B & EP 1787575 A1 [0084]-[0100], Fig. 8A and 8B & CN 101010027 A	1-13

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

\* 引用文献のカテゴリー

- 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
- 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
- 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
- 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
- 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

- 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
- 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
- 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
- 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

22.03.2016

国際調査報告の発送日

29.03.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)  
郵便番号 100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

増渕 俊仁

電話番号 03-3581-1101 内線 3292

2Q

4747