

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02011/152141

発行日 平成25年7月25日(2013.7.25)

(43) 国際公開日 平成23年12月8日(2011.12.8)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)
A 6 1 B 1/00 (2006.01) A 6 1 B 1/00 3 2 0 Z 4 C 1 6 1

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 43 頁)

出願番号	特願2011-535736 (P2011-535736)	(71) 出願人	304050923
(21) 国際出願番号	PCT/JP2011/059637		オリンパスメディカルシステムズ株式会社
(22) 国際出願日	平成23年4月19日(2011.4.19)		東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号
(11) 特許番号	特許第4897121号(P4897121)	(74) 代理人	100108855
(45) 特許公報発行日	平成24年3月14日(2012.3.14)		弁理士 蔵田 昌俊
(31) 優先権主張番号	特願2010-125154 (P2010-125154)	(74) 代理人	100159651
(32) 優先日	平成22年5月31日(2010.5.31)		弁理士 高倉 成男
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(74) 代理人	100091351
			弁理士 河野 哲
		(74) 代理人	100088683
			弁理士 中村 誠
		(74) 代理人	100109830
			弁理士 福原 淑弘
		(74) 代理人	100075672
			弁理士 峰 隆司

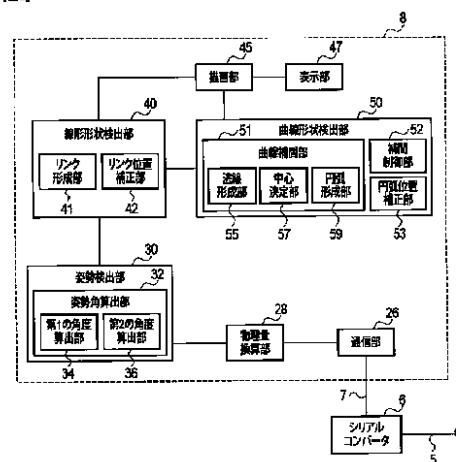
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内視鏡形状検出装置及び内視鏡の挿入部の形状検出方法

(57) 【要約】

内視鏡形状検出装置(1)は、前記センサユニット(S_i)での計測データに基づいて、それぞれの前記センサユニット(S_i)の姿勢を検出する姿勢検出部(30)と、前記姿勢検出部(30)で検出されたそれぞれの前記センサユニット(S_i)の姿勢に基づいて、それぞれの前記センサユニット(S_i)の間の形状を寸法が前記センサ間寸法(1)に等しい直線状のリンク(T_j)と仮定して、前記内視鏡(10)の前記挿入部(11)の検出線形形状(61)を検出する線形形状検出部(40)と、を備える。また、内視鏡形状検出装置(1)は、それぞれの前記センサユニット(S_i)の間の形状を弧長が前記センサ間寸法(1)に等しい円弧(L_j)と仮定して、前記線形形状検出部(40)で検出された前記検出線形形状(61)を曲線補間し、検出曲線形状(65, 81)を検出する曲線形状検出部(50, 70)を備える。

【図3】



- 6 Serial converter
- 26 Communication section
- 28 Physical-quantity conversion section
- 30 Posture detecting section
- 32 Posture-angle calculating section
- 34 First angle-calculating section
- 36 Second angle-calculating section
- 40 Linear-shape detecting section
- 41 Link forming section
- 42 Link-position correcting section
- 45 Rendering section
- 47 Displaying section
- 50 Curved-shape detecting section
- 51 Curve interpolating section
- 52 Interpolation controlling section
- 53 Arc-position correcting section
- 56 Normal-line forming section
- 57 Center determining section
- 59 Arc forming section

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

長手方向に互いに所定のセンサ間寸法（１）だけ離れて複数のセンサユニット（ S_i ）が配置される挿入部（１１）を備える内視鏡（１０）と、

前記センサユニット（ S_i ）での計測データに基づいて、それぞれの前記センサユニット（ S_i ）の姿勢を検出する姿勢検出部（３０）と、

前記姿勢検出部（３０）で検出されたそれぞれの前記センサユニット（ S_i ）の姿勢に基づいて、それぞれの前記センサユニット（ S_i ）の間の形状を寸法が前記センサ間寸法（１）に等しい直線状のリンク（ T_j ）と仮定して、前記内視鏡（１０）の前記挿入部（１１）の検出線形形状（６１）を検出する線形形状検出部（４０）と、

それぞれの前記センサユニット（ S_i ）の間の形状を弧長が前記センサ間寸法（１）に等しい円弧（ L_j ）と仮定して、前記線形形状検出部（４０）で検出された前記検出線形形状（６１）を曲線補間し、検出曲線形状（６５，８１）を検出する曲線形状検出部（５０，７０）と、

を具備する内視鏡形状検出装置（１）。

【請求項 2】

前記曲線形状検出部（５０，７０）は、

それぞれの前記リンク（ T_j ）ごとに前記曲線補間を行い、それぞれの前記センサユニット（ S_i ）の間の前記円弧（ L_j ）を形成する曲線補間部（５１，７１）と、

すべての前記リンク（ T_j ）について前記曲線補間を行う状態に前記曲線補間部（５１，７１）を制御する補間制御部（５２，７２）と、

を備える請求項 1 の内視鏡形状検出装置（１）。

【請求項 3】

前記曲線補間部（５１，７１）は、

最も基端側又は最も先端側の前記センサユニット（ S_1 ， S_N ）の中心を原点とするグローバル座標系（ C ）において、前記曲線補間部（５１，７１）により前記曲線補間を行う対象の前記リンク（ T_j ）である補間対象リンク（ T_k ）の前記グローバル座標（ C ）の前記原点から近い側の端である第 1 の端点を通り、前記補間対象リンク（ T_k ）に垂直な第 1 の補間法線（ N_{k-1} ）と、前記補間対象リンク（ T_k ）の前記グローバル座標（ C ）の前記原点から遠い側の端である第 2 の端点を通り、前記補間対象リンク（ T_k ）の前記グローバル座標（ C ）の前記原点から遠い側に隣接する前記リンク（ T_j ）である補間対象隣接リンク（ T_{k+1} ）に垂直な第 2 の補間法線と（ N_k ）、を形成する法線形成部（５５，７５）と、

前記法線形成部（５５，７５）で形成された前記第 1 の補間法線（ N_{k-1} ）と前記第 2 の補間法線（ N_k ）との交点、又は、前記第 1 の補間法線（ N_{k-1} ）と前記第 2 の補間法線（ N_k ）との距離が最小となる 2 点の中間点を算出し、前記交点又は前記中間点を前記円弧（ L_k ）の中心（ O_k ）として決定する中心決定部（５７，７７）と、

半径（ R_k ）が前記中心（ O_k ）と前記補間対象リンク（ T_k ）の前記第 1 の端点との間の距離と同一で、かつ、前記補間対象リンク（ T_k ）の前記第 1 の端点を始点として前記円弧（ L_k ）を形成する円弧形成部（５９，７９）と、

を備える請求項 2 の内視鏡形状検出装置（１）。

【請求項 4】

前記曲線形状検出部（５０）は、前記曲線補間部（５１）により形成されたそれぞれの前記円弧（ L_j ）を、隣接する前記円弧（ L_{j-1} ， L_{j+1} ）との円弧境界が連続する状態に平行移動し、前記円弧（ L_j ）の位置を補正する円弧位置補正部（５３）を備える請求項 2 の内視鏡形状検出装置（１）。

【請求項 5】

前記曲線補間部（７１）は、最も基端側又は最も先端側の前記センサユニット（ S_1 ， S_N ）の中心を原点とするグローバル座標系（ C ）において、前記グローバル座標系（ C ）の前記原点から近い側の前記リンク（ T_j ）から順に前記曲線補間を行い、前記円弧（

10

20

30

40

50

L_j)を形成する補間順次実施部(71)であり、

前記曲線形状検出部(70)は、前記補間順次実施部(71)により1つの前記リンク(T_j)の前記曲線補間が行われるたびに、曲線補間が行われていない前記リンク(T_j)である未補間リンクから構成される補間未完了部(85)を前記曲線補間により形成される前記円弧(L_j)から構成される補間完了部(83)と境界が連続する状態に平行移動し、前記補間未完了部(85)の位置を補正する未補間リンク位置補正部(73)を備える請求項2の内視鏡形状検出装置(1)。

【請求項6】

それぞれの前記センサユニット(S_i)は、

前記センサユニット(S_i)の中心を原点とし、X軸、Y軸、Z軸のいずれか1つの軸が前記センサユニット(S_i)の前記中心での前記内視鏡(10)の長手方向と軸方向が一致する長手方向軸であるローカル座標系(C_i)において、前記ローカル座標系(C_i)の前記原点での加速度の3つの軸方向成分を計測する加速度センサ(A_i)と、

前記ローカル座標系(C_i)において、前記ローカル座標系(C_i)の前記原点での地磁気の3つの軸方向成分を計測する地磁気センサ(B_i)と、

を備える請求項1の内視鏡形状検出装置(1)。

【請求項7】

前記姿勢検出部(30)は、最も基端側又は最も先端側の前記センサユニット(S_i)の中心を原点とし、X軸、Y軸、Z軸のいずれか1つの軸が鉛直方向と軸方向が一致する鉛直方向軸であり、前記鉛直方向軸以外の2つの軸が水平面上に配置される水平方向軸であるグローバル座標系(C)を基準として、それぞれの前記センサユニット(S_i)の前記ローカル座標系(C_i)の前記鉛直方向軸回り及びそれぞれの前記水平方向軸回りの回転角である3つの姿勢角(α_i , β_i , γ_i)を算出する姿勢角算出部(32)を備える請求項6の内視鏡形状検出装置(1)。

【請求項8】

前記姿勢角算出部(32)は、

前記加速度センサ(A_i)で計測された加速度データに基づいて、それぞれの前記センサユニット(S_i)の前記ローカル座標系(C_i)の前記グローバル座標系(C)からのそれぞれの前記水平方向軸回りの2つの前記姿勢角(α_i , β_i)を算出する第1の角度算出部(34)と、

前記地磁気センサ(B_i)で計測された地磁気データに基づいて、それぞれの前記センサユニット(S_i)の前記ローカル座標系(C_i)の前記グローバル座標系(C)からの前記鉛直方向軸回りの前記姿勢角(γ_i)を算出する第2の角度算出部(36)と、

を備える請求項7の内視鏡形状検出装置(1)。

【請求項9】

内視鏡(10)の挿入部(11)に、長手方向に互いに所定のセンサ間寸法(1)だけ離れて配置される複数のセンサユニット(S_i)で計測を行うことと、

前記センサユニット(S_i)での計測データに基づいて、それぞれの前記センサユニット(S_i)の姿勢を検出することと、

検出されたそれぞれの前記センサユニット(S_i)の姿勢に基づいて、それぞれの前記センサユニット(S_i)の間の形状を寸法が前記センサ間寸法(1)に等しい直線状のリンク(T_j)と仮定して、前記内視鏡(10)の前記挿入部(11)の検出線形形状(61)を検出することと、

それぞれの前記センサユニット(S_i)の間の形状を弧長が前記センサ間寸法(1)に等しい円弧(L_j)と仮定して、検出された前記検出線形形状(61)を曲線補間し、検出曲線形状(65, 81)を形成することと、

を具備する内視鏡(10)の挿入部(11)の形状検出方法。

【請求項10】

前記検出線形形状(61)を曲線補間し、検出曲線形状(65, 81)を形成することは、それぞれの前記リンク(T_j)ごとに前記曲線補間を行い、それぞれの前記センサユ

10

20

30

40

50

ニット (S_i) の間の前記円弧 (L_j) を形成することを、すべての前記リンク (T_j) について行うことを備える請求項 9 の内視鏡 (10) の挿入部 (11) の形状検出方法。

【請求項 11】

それぞれの前記リンク (T_j) ごとに前記曲線補間を行うことは、

最も基端側又は最も先端側の前記センサユニット (S_1 , S_N) の中心を原点とするグローバル座標系 (C) において、前記曲線補間を行う対象の前記リンク (T_j) である補間対象リンク (T_k) の前記グローバル座標 (C) の前記原点から近い側の端である第 1 の端点を通り、前記補間対象リンク (T_k) に垂直な第 1 の補間法線 (N_{k-1}) と、前記補間対象リンクの前記グローバル座標の前記原点から遠い側の端である第 2 の端点を通り、前記補間対象リンク (T_k) の前記グローバル座標 (C) の前記原点から遠い側に隣接する前記リンク (T_j) である補間対象隣接リンク (T_{k+1}) に垂直な第 2 の補間法線 (N_k) と、を形成することと、

形成された前記第 1 の補間法線 (N_{k-1}) と前記第 2 の補間法線 (N_k) との交点、又は、前記第 1 の補間法線 (N_{k-1}) と前記第 2 の補間法線 (N_k) との距離が最小となる 2 点の中間点を算出し、前記交点又は前記中間点を前記円弧 (L_k) の中心 (O_k) として決定することと、

半径 (R_k) が前記中心 (O_k) と前記補間対象リンク (T_k) の前記第 1 の端点との間の距離と同一で、かつ、前記補間対象リンク (T_k) の第 1 の端点を始点として前記円弧 (L_k) を形成することと、

を備える請求項 10 の内視鏡 (10) の挿入部 (11) の形状検出方法。

【請求項 12】

前記検出線形形状 (61) を曲線補間し、検出曲線形状 (65) を形成することは、それぞれの前記リンク (T_j) ごとに前記曲線補間を行うことにより形成されたそれぞれの前記円弧 (L_j) を、隣接する前記円弧 (L_{j-1} , L_{j+1}) との円弧境界が連続する状態に平行移動し、前記円弧 (L_j) の位置を補正することを備える請求項 10 の内視鏡 (10) の挿入部 (11) の形状検出方法。

【請求項 13】

それぞれの前記リンク (T_j) ごとに前記曲線補間を行うことは、最も基端側又は最も先端側の前記センサユニット (S_1 , S_N) の中心を原点とするグローバル座標系 (C) において、前記グローバル座標系 (C) の前記原点から近い側の前記リンク (T_j) から順に前記曲線補間を行い、前記円弧 (L_j) を形成することを備え、

前記検出線形形状 (61) を曲線補間し、検出曲線形状 (81) を形成することは、1 つの前記リンク (T_j) の前記曲線補間が行われるたびに、前記曲線補間が行われていない前記リンク (T_j) である未補間リンクから構成される補間未完了部 (85) を前記曲線補間により形成される前記円弧 (L_j) から構成される補間完了部 (83) と境界が連続する状態に平行移動し、前記補間未完了部 (85) の位置を補正することを備える請求項 10 の内視鏡 (10) の挿入部 (11) の形状検出方法。

【請求項 14】

それぞれの前記センサユニット (S_i) で計測を行うことは、

それぞれの前記センサユニット (S_i) が備える加速度センサ (A_i) により、前記センサユニット (S_i) の中心を原点とし、X 軸、Y 軸、Z 軸のいずれか 1 つの軸が前記センサユニット (S_i) の前記中心での前記内視鏡 (10) の長手方向と軸方向が一致する長手方向軸であるローカル座標系 (C_i) において、前記原点での加速度の 3 つの軸方向成分を計測することと、

それぞれの前記センサユニット (S_i) が備える地磁気センサ (B_i) により、前記ローカル座標系 (C_i) において、前記原点での地磁気の 3 つの軸方向成分を計測することと、

を備える請求項 9 の内視鏡 (10) の挿入部 (11) の形状検出方法。

【請求項 15】

それぞれの前記センサユニット (S_i) の姿勢を検出することは、最も基端側又は最も

先端側の前記センサユニット (S_1, S_N) の中心を原点とし、X軸、Y軸、Z軸のいずれか1つの軸が鉛直方向と軸方向が一致する鉛直方向軸であり、前記鉛直方向軸以外の2つの軸が水平面上に配置される水平方向軸であるグローバル座標系 (C) を基準として、それぞれの前記センサユニット (S_i) の前記ローカル座標系 (C_i) の、前記鉛直方向軸回り及びそれぞれの前記水平方向軸回りの回転角である3つの姿勢角 ($\alpha_i, \beta_i, \gamma_i$) を算出することを備える請求項14の内視鏡 (10) の挿入部 (11) の形状検出方法。

【請求項16】

前記鉛直方向軸回り及びそれぞれの前記水平方向軸回りの3つの姿勢角 ($\alpha_i, \beta_i, \gamma_i$) を算出することは、

10

前記加速度センサ (A_i) で計測された加速度データに基づいて、それぞれの前記センサユニット (S_i) の前記ローカル座標系 (C_i) の前記グローバル座標系 (C) からのそれぞれの前記水平方向軸回りの2つの前記姿勢角 (α_i, β_i) を算出することと、

前記地磁気センサ (B_i) で計測された地磁気データに基づいて、それぞれの前記センサユニット (S_i) の前記ローカル座標系 (C_i) の前記グローバル座標系 (C) からの前記鉛直方向軸回りの前記姿勢角 (γ_i) を算出することと、

を備える請求項15の内視鏡 (10) の挿入部 (11) の形状検出方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

20

本発明は、体腔内に挿入される内視鏡を備える内視鏡形状検出装置及びその内視鏡形状検出装置の内視鏡の挿入部の形状検出方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、内視鏡の挿入部の形状を検出可能な内視鏡形状検出装置が実用化されている。特許文献1には、体腔内に挿入される内視鏡の挿入部に複数のソースコイルを取付けた内視鏡挿入形状検出装置が開示されている。この内視鏡挿入形状検出装置では、体外に設けられるセンスコイルにより、それぞれのソースコイルの位置が検出される。そして、検出されたソースコイルの位置に基づいて、内視鏡の挿入部の形状が検出される。

【0003】

30

また、特許文献2には、内視鏡の挿入部に2つのセンサが取付けられた内視鏡装置が開示されている。この内視鏡装置では、基端側のセンサを基準として、先端側のセンサの位置、姿勢が検出される。基端側のセンサは湾曲部の基端の近傍に、先端側のセンサは先端硬性部に配置されている。基端側のセンサに対する先端側のセンサの位置、姿勢を検出することにより、湾曲部の湾曲角度、湾曲方向が算出される。

【0004】

また、特許文献3には、内視鏡の挿入部に複数のジャイロを取付けられた内視鏡形状検出装置が開示されている。この内視鏡形状検出装置では、ジャイロにより内視鏡の挿入部の所定の部位 (ジャイロが取り付けられた部位) の姿勢が検出される。そして、検出された所定の部位での姿勢に基づいて、挿入部の形状が検出される。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2000-175862号公報

【特許文献2】特開2007-319622号公報

【特許文献3】特開平11-19027号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上記特許文献1の内視鏡形状検出装置では、体腔内のソースコイルの位置を体外のセン

50

スコイルで検出するため、検出装置が大型化するとともに、装置の構成が複雑化する。

【0007】

上記特許文献2では、体腔内のセンサのみを用いて湾曲部の湾曲角度、湾曲方向が検出される。しかし、実際の内視鏡の挿入部は可撓性を有し、体腔内に挿入された際の挿入部の形状は、曲線状である。すなわち、この内視鏡装置では、湾曲部の湾曲角度、湾曲方向が検出されるのみで、体腔内への挿入時の挿入部の形状までは高い精度で検出されない。

【0008】

上記特許文献3では、複数のジャイロを用いて内視鏡の挿入部の形状が検出される。しかし、ジャイロは挿入部が移動する際に発生する慣性力又はコリオリ力に基づいて挿入部の所定の部位での姿勢を検出する。このため、挿入部が移動していない静状態では、形状を検出できず、低速度で挿入部が移動する際の検出精度は低下してしまう。

【0009】

本発明は上記課題に着目してなされたものであり、その目的とするところは、装置の構成を大型化、複雑化することなく、高い精度で挿入部の形状を検出可能な内視鏡形状検出装置及び内視鏡の挿入部の形状検出方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記目的を達成するため、本発明のある態様では、長手方向に互いに所定のセンサ間寸法だけ離れて複数のセンサユニットが配置される挿入部を備える内視鏡と、前記センサユニットでの計測データに基づいて、それぞれの前記センサユニットの姿勢を検出する姿勢検出部と、前記姿勢検出部で検出されたそれぞれの前記センサユニットの姿勢に基づいて、それぞれの前記センサユニットの間の形状を寸法が前記センサ間寸法に等しい直線状のリンクと仮定して、前記内視鏡の前記挿入部の検出線形形状を検出する線形形状検出部と、それぞれの前記センサユニットの間の形状を弧長が前記センサ間寸法に等しい円弧と仮定して、前記線形形状検出部で検出された前記検出線形形状を曲線補間し、検出曲線形状を検出する曲線形状検出部と、を備える内視鏡形状検出装置を提供する。

【0011】

また、本発明の別のある態様では、内視鏡の挿入部に、長手方向に互いに所定のセンサ間寸法だけ離れて配置される複数のセンサユニットで計測を行うことと、前記センサユニットでの計測データに基づいて、それぞれの前記センサユニットの姿勢を検出することと、検出されたそれぞれの前記センサユニットの姿勢に基づいて、それぞれの前記センサユニットの間の形状を寸法が前記センサ間寸法に等しい直線状のリンクと仮定して、前記内視鏡の前記挿入部の検出線形形状を検出することと、それぞれの前記センサユニットの間の形状を弧長が前記センサ間寸法に等しい円弧と仮定して、検出された前記検出線形形状を曲線補間し、検出曲線形状を形成することと、を備える内視鏡の挿入部の形状検出方法を提供する。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、装置の構成を大型化、複雑化することなく、高い精度で挿入部の形状を検出可能な内視鏡形状検出装置及び内視鏡の挿入部の形状検出方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る内視鏡形状検出装置の構成を示すブロック図。

【図2】第1の実施形態に係る内視鏡の挿入部の構成を示す概略図。

【図3】第1の実施形態に係る内視鏡形状検出装置のパソコンの構成を示すブロック図。

【図4】第1の実施形態に係る内視鏡の挿入部の静状態での形状を検出する方法を示すフローチャート。

【図5】第1の実施形態に係る内視鏡形状検出装置のグローバル座標系と補正座標系とを比較して示す概略図。

10

20

30

40

50

【図 6】第 1 の実施形態に係る内視鏡形状検出装置の線形形状検出部で検出される検出線形形状を示す概略図。

【図 7】第 1 の実施形態に係る線形形状検出部のリンク位置補正部での処理を説明する概略図。

【図 8】第 1 の実施形態に係る内視鏡形状検出装置の曲線形状検出部で検出される検出曲線形状を示す概略図。

【図 9】第 1 の実施形態に係る曲線形状検出部により検出曲線形状を検出する方法を示すフローチャート。

【図 10】第 1 の実施形態に係る曲線形状検出部の曲線補間部での処理を説明する概略図。

【図 11】第 1 の実施形態に係る曲線形状検出部の円弧位置補正部での処理を説明する概略図。

【図 12】本発明の第 2 の実施形態に係る内視鏡形状検出装置のパソコンの構成を示すブロック図。

【図 13】第 2 の実施形態に係る内視鏡形状検出装置の曲線形状検出部により検出曲線形状を検出する方法を示すフローチャート。

【図 14】第 2 の実施形態に係る曲線形状検出部の補間順次実施部での処理を説明する概略図。

【図 15】第 2 の実施形態に係る曲線形状検出部の未補間リンク位置補正部での処理を説明する概略図。

【図 16】本発明の第 1 の変形例に係る内視鏡形状検出装置のパソコンの構成を示すブロック図。

【図 17】第 1 の変形例に係る内視鏡の挿入部の動状態での形状を検出する方法を示すフローチャート。

【発明を実施するための形態】

【0014】

(第 1 の実施形態)

本発明の第 1 の実施形態について図 1 乃至図 11 を参照して説明する。

【0015】

図 1 は、本実施形態の内視鏡形状検出装置 1 を示す図である。図 1 に示すように、内視鏡形状検出装置 1 の内視鏡 10 は、体腔内に挿入される挿入部 11 と、挿入部 11 の基端側に設けられる操作部 12 とを備える。挿入部 11 は、最先端に設けられる先端硬性部 14 と、先端硬性部 14 の基端側に設けられる湾曲部 16 と、湾曲部 16 の基端側に設けられる細長い可撓管部 18 とを備える。

【0016】

先端硬性部 14 の内部には、被写体の撮像を行う CCD 等の撮像素子 20 が設けられている。撮像素子 20 には、撮像用信号線 21 の一端が接続されている。撮像用信号線 21 は、挿入部 11 の内部を通して操作部 12 から内視鏡 10 の外部に延出され、他端が画像処理ユニットであるビデオプロセッサ 3 に接続されている。また、挿入部 11 の内部には、先端硬性部 14 の照明窓（図示しない）に被写体を照射する照明光を導光するライトガイド 23 が、長手方向に延設されている。ライトガイド 23 は、操作部 12 から内視鏡 10 の外部に延出され、光源ユニット 4 に接続されている。

【0017】

また、挿入部 11 の湾曲部 16 の先端部には、湾曲操作伝達部材である 4 本の湾曲操作ワイヤ（図示しない）の一端が接続されている。湾曲操作ワイヤは、可撓管部 18 の内部を通して、操作部 12 に設けられる湾曲操作部である湾曲操作ノブ（図示しない）に他端が接続されている。湾曲操作ノブでの操作により、湾曲操作ワイヤが長手方向に移動する。湾曲操作の移動により、湾曲部 16 が内視鏡 10 の上下方向及び左右方向に湾曲動作を行う。

【0018】

10

20

30

40

50

挿入部 2 には、複数（本実施形態では $N + 1$ 個）のセンサユニット $S_0 \sim S_N$ が設けられている。それぞれのセンサユニット S_i ($i = 0, 1, 2, \dots, N$) は、互いに長手方向に一定の間隔 l ($= 50 \text{ mm}$) だけ離れて配置されている。すなわち、それぞれのセンサユニット S_i は、互いに長手方向に所定のセンサ間寸法 l だけ離れて配置されている。ここで、例えば最も基端側のセンサユニット S_0 が可撓管部 18 の基端部に配置され、最も先端側のセンサユニット S_N が湾曲部 16 の先端部に配置されている。センサユニット S_i は、加速度を計測する加速度センサ A_i と、地磁気を計測する地磁気センサ B_i とを備える。

【0019】

図 2 は、内視鏡 10 の挿入部 11 を示す図である。図 2 に示すように、それぞれのセンサユニット S_i は、センサユニット S_i の中心を原点とし、 X_i 軸、 Y_i 軸、 Z_i 軸を有するローカル座標系 C_i (図 2 で点線で示す) を備える。ここで、 X_i 軸方向は、センサユニット S_i の中心での内視鏡 10 の左右方向と一致し、基端側から見た際の内視鏡 10 の右方向を正とする。 Y_i 軸方向は、センサユニット S_i の中心での長手方向と一致し、先端側方向を正とする。 Z_i 軸方向は、センサユニット S_i の中心での内視鏡 10 の上下方向と一致し、内視鏡 10 の上方向を正とする。加速度センサ A_i は、ローカル座標系 C_i の原点での加速度の X_i 軸方向成分、 Y_i 軸方向成分、 Z_i 軸方向成分を計測する。地磁気センサ B_i は、ローカル座標系 C_i の原点での地磁気の X_i 軸方向成分、 Y_i 軸方向成分、 Z_i 軸方向成分を計測する。

【0020】

また、内視鏡形状検出装置 1 では、最も基端側のセンサユニット S_0 の中心を原点とし、 X 軸、 Y 軸、 Z 軸を有するグローバル座標系 C (図 2 で実線で示す) が定義されている。ここで、グローバル座標系 C は、最も基端側のセンサユニット S_0 の中心を原点とする右手系の直交デカルト座標系である。 X 軸方向は、重力が作用する鉛直方向に垂直な所定の方向（本実施形態では、図 2 の矢印 D_1 , D_2 に平行な方向）と一致し、図 2 の矢印 D_1 の方向を正とする。 Y 軸方向は、鉛直方向に垂直で、かつ、 X 軸方向に垂直な方向（本実施形態では、図 2 の矢印 E_1 , E_2 に平行な方向）と一致し、図 2 の矢印 E_1 の方向を正とする。 Z 軸方向は、鉛直方向と一致し、鉛直方向の上方向（紙面の裏から表への方向）を正とする。なお、ここでは説明の都合上、グローバル座標系の X 軸方向を磁北方向とする。

【0021】

それぞれのローカル座標系 C_i は、グローバル座標系 C を X 軸回りに α_i 、 Y 軸回りに β_i 、 Z 軸回りに γ_i それぞれ回転し、最も基端側のセンサユニット S_0 の中心からセンサユニット S_i の中心まで原点を平行移動した座標系である。ここで、 α_i をピッチ角、 β_i をロール角、 γ_i をヨー角と称し、ピッチ角 α_i 、ロール角 β_i 、ヨー角 γ_i の 3 つをまとめて姿勢角と称する。姿勢角 α_i , β_i , γ_i は、それぞれ X 軸、 Y 軸、 Z 軸の負の方向から見て時計回りを正とする。姿勢角 α_i , β_i , γ_i の値を算出することにより、センサユニット S_i の姿勢が検出される。

【0022】

図 1 に示すように、それぞれのセンサユニット S_i の加速度センサ A_i 及び地磁気センサ B_i には、I2C 等のシリアルバス 5 が接続されている。シリアルバス 5 は、挿入部 11 の内部を通して操作部 12 から内視鏡 10 の外部に延出され、基端がシリアルコンバータ 6 に接続されている。シリアルコンバータ 6 は、それぞれのセンサユニット S_i からシリアルバス 5 を介して入力される計測データのシリアル信号を、USB 信号に変換する。シリアルコンバータ 6 には、USB ケーブル 7 の一端が接続されている。USB ケーブル 7 の他端は、パソコン 8 に接続されている。パソコン 8 には、それぞれのセンサユニット S_i での計測データの USB 信号がシリアルコンバータ 6 から入力される。

【0023】

図 3 は、パソコン 8 の構成を示す図である。図 3 に示すように、パソコン 8 は、USB ケーブル 7 を介してシリアルコンバータ 6 に接続される通信部 26 を備える。通信部 26

は、それぞれのセンサユニット S_i での計測データを受信する。通信部 26 には、物理量換算部 28 が接続されている。物理量換算部 28 は、通信部 26 で受信したそれぞれのセンサユニット S_i での計測データを、オフセット、ゲイン等を用いて物理量に換算する。

【0024】

物理量換算部 28 には、姿勢検出部 30 が接続されている。姿勢検出部 30 は、センサユニット S_i での計測データに基づいて、それぞれのセンサユニット S_i の姿勢を検出する。姿勢検出部 30 は、それぞれのセンサユニット S_i の加速度センサ A_i 及び地磁気センサ B_i での計測データに基づいて、それぞれのセンサユニット S_i のローカル座標系 C_i のグローバル座標系 C からの X 軸回り、Y 軸回り、Z 軸回りの回転角である 3 つの姿勢角 α_i , β_i , γ_i を算出する姿勢角算出部 32 を備える。姿勢角算出部 32 は、それぞれのセンサユニット S_i の加速度センサ A_i での加速度データに基づいて、それぞれのセンサユニット S_i のローカル座標系 C_i のグローバル座標系 C からの X 軸回りの回転角であるピッチ角 α_i 、及び、それぞれのセンサユニット S_i のローカル座標系 C_i のグローバル座標系 C からの Y 軸回りの回転角であるロール角 β_i を算出する第 1 の角度算出部 34 を備える。また、姿勢角算出部 32 は、それぞれのセンサユニット S_i の地磁気センサ B_i での地磁気データに基づいて、それぞれのセンサユニット S_i のローカル座標系 C_i のグローバル座標系 C からの Z 軸回りの回転角であるヨー角 γ_i を算出する第 2 の角度算出部 36 を備える。

【0025】

ここで、姿勢検出部 30 でそれぞれのセンサユニット S_i の姿勢を検出する方法について説明する。図 4 は、内視鏡 10 の挿入部 11 が停止している静状態での挿入部 11 の形状検出方法を示すフローチャートである。図 4 に示すように、挿入部 11 の形状検出の際には、まず、それぞれのセンサユニット S_i での計測を行い（ステップ S101）、姿勢検出部 30 がそれぞれのセンサユニット S_i での計測データを取得する。そして、姿勢角算出部 32 が、それぞれのセンサユニット S_i のローカル座標系 C_i の 3 つの姿勢角 α_i , β_i , γ_i を算出する。

【0026】

姿勢角 α_i , β_i , γ_i を算出する際には、まず、第 1 の角度算出部 34 が、それぞれのセンサユニット S_i の加速度センサ A_i での計測データに基づいて、それぞれのセンサユニット S_i のローカル座標系 C_i のピッチ角 α_i 及びロール角 β_i を算出する（ステップ S102）。ここで、姿勢角 α_i , β_i , γ_i はヨー角 γ_i 、ピッチ角 α_i 、ロール角 β_i の順で回転する（Z, X, Y）型とする。したがって、グローバル座標系 C からローカル座標系 C_i への回転行列は、

【数 1】

$$C_{Bi}^G = R_{Zi} R_{Xi} R_{Yi} = \begin{bmatrix} \cos\gamma_i & -\sin\gamma_i & 0 \\ \sin\gamma_i & \cos\gamma_i & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\alpha_i & -\sin\alpha_i \\ 0 & \sin\alpha_i & \cos\alpha_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\beta_i & 0 & \sin\beta_i \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\beta_i & 0 & \cos\beta_i \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} -\sin\gamma_i \cdot \sin\alpha_i \cdot \sin\beta_i + \cos\beta_i \cdot \cos\gamma_i & -\sin\gamma_i \cdot \cos\alpha_i & \sin\gamma_i \cdot \sin\alpha_i \cdot \cos\beta_i + \sin\beta_i \cdot \cos\gamma_i \\ \cos\gamma_i \cdot \sin\alpha_i \cdot \sin\beta_i + \cos\beta_i \cdot \sin\gamma_i & \cos\gamma_i \cdot \cos\alpha_i & -\cos\gamma_i \cdot \sin\alpha_i \cdot \cos\beta_i + \sin\beta_i \cdot \sin\gamma_i \\ -\cos\alpha_i \cdot \sin\beta_i & \sin\alpha_i & \cos\alpha_i \cdot \cos\beta_i \end{bmatrix}$$

(1)

【0027】

となる。

【0028】

挿入部 11 が停止している静状態では、重力加速度のみが鉛直方向の下方向に作用している。すなわち、グローバル座標系 C においても、ローカル座標系 C_i においても、鉛直方向の下方向に重力加速度のみが作用している。したがって、この際、加速度ベクトルのグローバル座標系 C の X 軸方向成分、Y 軸方向成分、Z 軸方向成分は、

【数 2】

$$\dot{a}_{th} = [0 \quad 0 \quad -g]^T \quad (2)$$

【0 0 2 9】

となる。また、加速度センサ A_i で計測される加速度ベクトルのローカル座標系 C_i の X_i 軸方向成分、 Y_i 軸方向成分、 Z_i 軸方向成分を、

【数 3】

$$\dot{a}_{obsi} = [a_{Bi_X} \quad a_{Bi_Y} \quad a_{Bi_Z}]^T \quad (3) \quad 10$$

【0 0 3 0】

とする。

【0 0 3 1】

ここで、ローカル座標系 C_i はグローバル座標系 C をヨー角 γ_i 、ピッチ角 α_i 、ロール角 β_i の順で回転した座標系である。したがって、式 (1) ~ 式 (3) より、ローカル座標系 C_i で観測される加速度成分は、

【数 4】

$$\dot{a}_{obsi} = \left(C_{Bi}^G \right)^T \dot{a}_{th} = -g \begin{bmatrix} -\cos\alpha_i \cdot \sin\beta_i \\ \sin\alpha_i \\ \cos\alpha_i \cdot \cos\beta_i \end{bmatrix} \quad (4.1) \quad 20$$

【0 0 3 2】

となる。ここで、式 (4. 1) の 2 乗と式 (4. 3) の 2 乗を加算すると、

【数 5】

$$a_{Bi_X}^2 + a_{Bi_Z}^2 = g^2 \cos^2 \alpha_i (\sin^2 \beta_i + \cos^2 \beta_i) \quad (5)$$

【0 0 3 3】

となり、

【数 6】

$$g \cos \alpha_i = \sqrt{a_{Bi_X}^2 + a_{Bi_Z}^2} \quad (6) \quad 30$$

【0 0 3 4】

となる。そして、式 (4. 2) を式 (6) で割ることにより、

【数 7】

$$\alpha_i = \tan^{-1} \left(\frac{-a_{Bi_Y}}{\sqrt{a_{Bi_X}^2 + a_{Bi_Z}^2}} \right) \quad (7) \quad 40$$

【0 0 3 5】

となり、ローカル座標系 C_i のピッチ角 α_i が求まる。また、式 (4. 1) を式 (4. 3) で割ることにより、

【数 8】

$$\beta_i = \tan^{-1} \left(\frac{-a_{Bi_X}}{a_{Bi_Z}} \right) \quad (8)$$

【0036】

となり、ローカル座標系 C_i のロール角 β_i が求まる。以上のようにして、それぞれの加速度センサ A_i での計測データに基づいて、それぞれのローカル座標系 C_i のピッチ角 α_i 及びロール角 β_i が算出される。

【0037】

そして、第2の角度算出部36が、それぞれのセンサユニット S_i の地磁気センサ B_i での計測データに基づいて、それぞれのセンサユニット S_i のローカル座標系 C_i のヨー角 γ_i を算出する（ステップS103）。ここで、ステップS102で算出したピッチ角 α_i 及びロール角 β_i を用いて、それぞれのローカル座標系 C_i のグローバル座標系 C からのX軸回りの回転及びY軸回りの回転を補正した補正座標系 C'_i を定義する。図5は、グローバル座標系 C （図5において実線で示す）及び補正座標系 C'_i （図5で点線で示す）を示す図である。なお、実際はグローバル座標系 C と補正座標系 C'_i とでは原点の位置が異なるが、図5では両者の比較のため原点が同一の位置にある状態で示す。図5に示すように、X軸回りの回転及びY軸回りの回転を補正した補正座標系 C'_i は、結果的にグローバル座標系 C をZ軸回りにヨー角 γ_i だけ回転した座標系であり、 X'_i 軸、 Y'_i 軸、 Z'_i 軸を有する。 X'_i 軸方向、 Y'_i 軸方向は、それぞれグローバル座標系 C のX軸方向、Y軸方向からZ軸回りにヨー角 γ_i だけ回転した方向と一致する。 Z'_i 軸方向は、鉛直方向、すなわちグローバル座標系 C のZ軸方向と一致する。ここでは、グローバル座標系 C のX軸方向が磁北方向と一致するため、 X'_i 軸方向が、グローバル座標系 C のX軸方向からZ軸回りにヨー角 γ_i だけ回転した方向となる。

【0038】

地磁気センサ B_i で計測される地磁気ベクトルのローカル座標系 C_i の X_i 軸方向成分、 Y_i 軸方向成分、 Z_i 軸方向成分を、

【数 9】

$$\dot{m}_{obsi} = [M_{Xi} \quad M_{Yi} \quad M_{Zi}]^T \quad (9)$$

【0039】

とする。補正座標系 C'_i は、ローカル座標系 C_i のグローバル座標系 C からのX軸回りの回転及びY軸回りの回転を補正した座標系である。したがって、式(9)及び式(1)の R_{xi} 、 R_{yi} を用いて、地磁気センサ B_i で計測される地磁気ベクトルの補正座標系 C'_i の X'_i 軸方向成分、 Y'_i 軸方向成分、 Z'_i 軸方向成分は、

【数10】

$$\dot{m}_{obsi}' = R_{Xi} R_{Yi} \dot{m}_{obsi} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\alpha_i & -\sin\alpha_i \\ 0 & \sin\alpha_i & \cos\alpha_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\beta_i & 0 & \sin\beta_i \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\beta_i & 0 & \cos\beta_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} M_{Xi} \\ M_{Yi} \\ M_{Zi} \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$= \begin{bmatrix} \cos\beta_i & 0 & \sin\beta_i \\ \sin\alpha_i \sin\beta_i & \cos\alpha_i & -\sin\alpha_i \cos\beta_i \\ -\cos\alpha_i \sin\beta_i & \sin\alpha_i & \cos\alpha_i \cos\beta_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} M_{Xi} \\ M_{Yi} \\ M_{Zi} \end{bmatrix} \quad (10.1)$$

$$\dot{m}_{obsi}' = [M_{Xi}' \quad M_{Yi}' \quad M_{Zi}']^T \quad (10.2)$$

【0040】

となる。式(10.1)、式(10.2)から、

【数11】

$$M_{Xi}' = M_{Xi} \cos \beta_i + M_{Zi} \sin \beta_i \quad (11.1)$$

$$M_{Yi}' = M_{Yi} \cos \alpha_i + \sin \alpha_i (M_{Xi} \sin \beta_i - M_{Zi} \cos \beta_i) \quad (11.2)$$

【0041】

となる。鉛直方向に垂直な水平面（補正座標系 C'_i の $X'_i - Y'_i$ 平面）の地磁気成分は、磁北方向を向いている。したがって、式(11.1)、式(11.2)より、 X'_i 軸から磁北方向までの角度 θ_i は地磁気ベクトルの補正座標系 C'_i の X'_i 軸成分、 Y'_i 軸成分を用いて求めることができる。すなわち、

【数12】

$$\theta_i = \tan^{-1} (M_{Yi}' / M_{Xi}') \quad (12)$$

【0042】

となる。角度 θ_i は Z'_i 軸（ Z 軸）を負の方向から見て時計回りを正とする。補正座標系 C'_i はグローバル座標系 C を Z 軸回りにヨー角 γ_i だけ回転した座標系である。したがって、式(12)で求まる角度 θ_i が、グローバル座標系 C を基準としたローカル座標系 C_i のヨー角 γ_i となる。

【0043】

なお、グローバル座標系 C の X 軸方向が磁北方向と一致しない場合も、磁北を基準としてヨー角 γ_i を求めることもできる。地磁気ベクトルのグローバル座標系 C の X 軸方向成分、 Y 軸方向成分、 Z 軸方向成分を、

【数13】

$$\vec{m}_{th} = [E_X \ E_Y \ E_Z]^T \quad (13)$$

【0044】

とする。地磁気ベクトルのグローバル座標系 C の X 軸方向成分、 Y 軸方向成分、 Z 軸方向成分は、地磁気センサ B_i と同一のタイプの地磁気センサを用いて、グローバル座標系 C の X 軸方向、 Y 軸方向、 Z 軸方向と軸の方向が一致する状態で計測を行うことにより、求められる。そして、式(13)より、 X 軸から磁北方向までの角度 θ を、地磁気ベクトルのグローバル座標系 C の X 軸成分、 Y 軸成分を用いて求める。すなわち、

【数14】

$$\theta = \tan^{-1} (E_Y / E_X) \quad (14)$$

【0045】

となる。ここで、角度 θ は Z 軸を負の方向から見て時計回りを正とする。補正座標系 C'_i はグローバル座標系 C を Z 軸回りにヨー角 γ_i だけ回転した座標系である。したがって、式(12)、式(14)より、

【数15】

$$\gamma_i = \theta - \theta_i \quad (15)$$

【0046】

となり、グローバル座標系 C を基準としたローカル座標系 C_i のヨー角 γ_i が求まる。

【0047】

10

20

30

40

50

以上のようにして、それぞれの地磁気センサ B_i での計測データに基づいて、それぞれのローカル座標系 C_i のヨー角 γ_i が算出される。算出された姿勢角 α_i , β_i , γ_i の値に基づいて、姿勢検出部 30 はそれぞれのセンサユニット S_i の姿勢を検出する。

【0048】

図 3 に示すように、姿勢検出部 30 には、線形形状検出部 40 が接続されている。図 6 は、線形形状検出部 40 により検出される内視鏡 10 の挿入部 11 の検出線形形状 61 をグローバル座標 C の Z 軸の正の方向から見た図である。図 6 に示すように、線形形状検出部 40 は、姿勢検出部 30 で検出されたそれぞれのセンサユニット S_i の姿勢に基づいて、それぞれのセンサユニット S_i の間の形状を寸法がセンサ間寸法 l に等しい直線状のリンク T_j ($j = 1, 2, \dots, N$) と仮定して、挿入部 11 の検出線形形状 61 を検出する。ここで、基端側から k 番目のリンク T_k は、基端側から k 番目のセンサユニット S_{k-1} と基端側から $(k+1)$ 番目のセンサユニット S_k との間のリンクである。線形形状検出部 40 は、それぞれのリンク T_j を形成するリンク形成部 41 と、リンク形成部 41 により形成されたそれぞれのリンク T_j を平行移動して、リンク T_j の位置を補正するリンク位置補正部 42 とを備える。リンク位置補正部 42 によりそれぞれのリンク T_j は、隣接するリンク T_{j-1} , T_{j+1} とのリンク境界が連続する状態に、平行移動される。

【0049】

線形形状検出部 40 には、描画部 45 が接続されている。描画部 45 には、表示部 47 が接続されている。線形形状検出部 40 により検出されたグローバル座標系 C での挿入部 11 の検出線形形状 61 は、描画部 45 により描画される。術者は、描画部 45 により描画された検出線形形状 61 を表示部 47 で確認可能となっている。

【0050】

ここで、線形形状検出部 40 で挿入部 11 の検出線形形状 61 を検出する方法について説明する。図 4 に示すように、挿入部 11 の検出線形形状 61 を検出する際、まず、ステップ $S102$, $S103$ で算出した姿勢角 α_i , β_i , γ_i の値に基づいて、リンク形成部 41 が、直線形状のそれぞれのリンク T_j を形成する (ステップ $S104$)。ここでは、基端側から k 番目のセンサユニット S_{k-1} と基端側から $(k+1)$ 番目のセンサユニット S_k との間の基端側から k 番目のリンク T_k の形成について説明する。

【0051】

式 (7)、式 (8)、式 (12) (又は式 (15)) に示すように、ステップ $S102$, $S103$ でローカル座標系 C_{k-1} (つまりリンク) の姿勢角 α_{k-1} , β_{k-1} , γ_{k-1} が算出される。この姿勢角 α_{k-1} , β_{k-1} , γ_{k-1} 及びそれぞれのセンサユニット S_i の間の長手方向についての間隔であるセンサ間寸法 l を用いて、センサユニット S_{k-1} がグローバル座標系 C の原点に位置する場合の、センサユニット S_k の座標 P'_k (l_{xk} , l_{yk} , l_{zk}) が求まる。ここで、座標 P'_k は、

【数 16】

$$i_k = [l_{xk} \ l_{yk} \ l_{zk}]^T = l C_{Bk-1}^G e_{yk-1} = l \begin{bmatrix} -\sin\gamma_{k-1} \cdot \cos\alpha_{k-1} \\ \cos\gamma_{k-1} \cdot \cos\alpha_{k-1} \\ \sin\alpha_{k-1} \end{bmatrix} \quad (16.1)$$

$$e_{yk-1} = [0 \ 1 \ 0]^T \quad (16.2)$$

【0052】

となる。式 (16.1)、式 (16.2) の e_{yk-1} は、ローカル座標系 C_{k-1} の原点での長手方向である Y_{k-1} 軸方向の単位ベクトルである。単位ベクトル e_{yk-1} と式 (1) で算出される回転行列を乗算することにより、単位ベクトル e_{yk-1} のグローバル座標系 C の X 軸方向成分、 Y 軸方向成分、 Z 軸方向成分がそれぞれ算出される。すなわち、 l_{xk} , l_{yk} , l_{zk} は、ローカル座標系 C_{k-1} の Y_{k-1} 軸方向への大きさ l のベクトルを、それぞれグローバル座標系 C の X 軸方向、 Y 軸方向、 Z 軸方向に分解し

た成分である。グローバル座標系 C の原点と式 (16. 1), 式 (16. 2) で算出される座標 $P'_k (l_{xk}, l_{yk}, l_{zk})$ とを直線状に結ぶことにより、リンク T_k が形成される。

【0053】

なお、リンク T_k 以外のリンク T_j についても、リンク形成部 41 により同様に形成される。すなわち、式 (16. 1), 式 (16. 2) を用いて、リンク T_j の基端側（グローバル座標系 C の原点から近い側）のセンサユニット S_{j-1} がグローバル座標系 C の原点に位置する場合の、リンク T_j の先端側（グローバル座標系 C の原点から遠い側）のセンサユニット S_j の座標 $P'_j (l_{xj}, l_{yj}, l_{zj})$ を求める。そして、グローバル座標系 C の原点と座標 $P'_j (l_{xj}, l_{yj}, l_{zj})$ とを直線状に結ぶことにより、リンク T_j が形成される。すなわち、リンク形成部 41 は、リンク T_j が基端側（グローバル座標系 C の原点から近い側）のセンサユニット S_{j-1} の中心から先端側（グローバル座標系 C の原点から遠い側）のセンサユニット S_j の中心まで基端側のセンサユニット S_{j-1} の中心での長手方向に延設されると仮定して、リンク T_j を形成する。

【0054】

また、センサ間寸法 l は 50 mm 程度であることが好ましい。センサ間寸法 l を長くすることにより、センサユニット S_i の数が減少し、コストを削減される。また、センサ間寸法 l が 50 mm 程度より小さい範囲であれば、それぞれのセンサユニット S_i の間を寸法がセンサ間寸法 l に等しい直線状のリンク T_j と仮定した場合でも、挿入部 11 の形状検出の際の誤差を小さくすることが可能である。

【0055】

そして、リンク位置補正部 42 が、リンク形成部 41 により形成されたそれぞれのリンク T_j を隣接するリンク T_{j-1} , T_{j+1} とのリンク境界が連続する状態に平行移動して、リンク T_j の位置を補正する（ステップ S105）。図 7 は、リンク位置補正部 42 での処理を説明する図である。ここでは、基端側から k 番目のセンサユニット S_{k-1} と基端側から $(k+1)$ 番目のセンサユニット S_k との間の基端側から k 番目のリンク T_k の位置補正について説明する。

【0056】

図 7 に示すように、リンク位置補正部 42 により、リンク T_k の位置補正が行われる前の状態では、リンク T_k の基端側に隣接するリンク T_{k-1} まで位置補正が完了し、リンク位置補正完了部 63 が形成されている。リンク T_k の位置補正を行う際は、原点からリンク位置補正完了部 63 の先端までの移動量だけ、リンク位置補正部 42 はリンク T_k を平行移動する。すなわち、図 7 の点線で示す位置から図 7 の実線で示す位置にリンク T_k を平行移動する。これにより、リンク T_{k-1} とリンク T_k とのリンク境界が連続する状態となり、リンク T_k の位置が補正される。

【0057】

なお、リンク T_k 以外のリンク T_j についても、リンク位置補正部 42 により同様に位置が補正される。すなわち、リンク T_j の位置補正を行う際は、原点からリンク位置補正完了部 63 の先端（グローバル座標系 C の原点から遠い側の端）までの移動量だけ、リンク位置補正部 42 はリンク T_j を平行移動する。これにより、リンク T_j とリンク T_j の基端側（グローバル座標系 C の原点から近い側）に隣接するリンク T_{j-1} とのリンク境界が連続する状態となり、リンク T_j の位置が補正される。ただし、リンク T_1 については、リンク T_1 の基端がグローバル座標系 C の原点であるため、位置の補正は行われない。

【0058】

図 3 に示すように、線形形状検出部 40 は、曲線形状検出部 50 に接続されている。図 8 は、曲線形状検出部 50 により検出された内視鏡 10 の挿入部 11 の検出曲線形状 65 をグローバル座標 C の Z 軸の正の方向から見た図である。図 8 に示すように、曲線形状検出部 50 は、それぞれのセンサユニット S_i の間の形状を弧長がセンサ間寸法 l に等しい円弧 $L_j (j = 1, 2, \dots, N)$ と仮定して、検出線形形状 61 を曲線補間する。曲線補間

を行うことにより、検出曲線形状 6 5 が形成される。ここで、基端側から k 番目の円弧 L_k は、基端側から k 番目のセンサユニット S_{k-1} と基端側から $(k+1)$ 番目のセンサユニット S_k との間の円弧である。

【0059】

曲線形状検出部 5 0 は、それぞれのリンク T_j ごとに曲線補間を行い、円弧 L_j を形成する曲線補間部 5 1 と、すべてのリンク T_j について曲線補間を行う状態に曲線補間部 5 1 を制御する補間制御部 5 2 と、曲線補間部 5 1 により形成されたそれぞれの円弧 L_j を平行移動して、円弧 L_j の位置を補正する円弧位置補正部 5 3 とを備える。円弧位置補正部 5 3 によりそれぞれの円弧 L_j は、隣接する円弧 L_{j-1} 、 L_{j+1} との円弧境界が連続する状態に、平行移動される。

10

【0060】

図 3 に示すように、曲線補間部 5 1 は、法線形成部 5 5 と、中心決定部 5 7 と、円弧形成部 5 9 とを備える。法線形成部 5 5、中心決定部 5 7 及び円弧形成部 5 9 の詳細については、後述する。

【0061】

曲線形状検出部 5 0 には、描画部 4 5 が接続されている。曲線形状検出部 5 0 により形成されたグローバル座標系 C での挿入部 1 1 の検出曲線形状 6 5 は、描画部 4 5 により描画される。術者は、描画部 4 5 により描画された検出曲線形状 6 5 を表示部 4 7 で確認可能となっている。

【0062】

ここで、曲線形状検出部 5 0 で、線形状検出部 4 0 により検出された検出線形状 6 1 を曲線補間し、検出曲線形状 6 5 を検出する方法について説明する。図 4 に示すように、曲線形状検出部 5 0 は、それぞれのセンサユニット S_i の間の形状を弧長がセンサ間寸法 l に等しい円弧 L_j と仮定して、検出線形状 6 1 の曲線補間を行い、検出曲線形状 6 5 を推定する（ステップ $S106$ ）。前述のように、センサ間寸法 l が 50 mm 程度より小さい範囲であれば、それぞれのセンサユニット S_i の間を寸法がセンサ間寸法 l に等しい直線状のリンク T_j と仮定した場合でも、挿入部 1 1 の形状検出の際の誤差は小さくなる。しかし、体腔内に挿入された際の内視鏡 1 0 の挿入部 1 1 の形状は曲線形状である。したがって、検出線形状 6 1 の曲線補間を行うことが重要となる。ここで、内視鏡 1 0 の挿入部 1 1 は、製品により差はあるが、適度の弾性を有する。このため、挿入部 1 1 の曲線形状の曲率が大きく変化することは、稀である。したがって、センサユニット S_i の間の形状を半径 R_j （曲率 $1/R_j$ ）の円弧 L_j と仮定して曲線補間を行うことにより、実際の挿入部 1 1 の曲線形状と誤差の少ない検出曲線形状 6 5 が形成される。

20

30

【0063】

検出線形状 6 1 の曲線補間を行い、検出曲線形状 6 5 を検出する際、曲線補間部 5 1 は、それぞれのリンク T_j ごとに曲線補間を行い、円弧 L_j を形成する。ここで、曲線補間部 5 1 により、リンク T_j の曲線補間を行う方法について説明する。ここでは、基端側から k 番目のセンサユニット S_{k-1} と基端側から $(k+1)$ 番目のセンサユニット S_k との間の基端側から k 番目のリンク T_k の曲線補間について説明する。

【0064】

図 9 は、曲線形状検出部 5 0 により検出線形状 6 1 から検出曲線形状 6 5 を検出する方法を示すフローチャートである。図 10 は、曲線補間部 5 1 での処理を説明する図である。図 10 に示すように、曲線補間部 5 1 により補間対象であるリンク（補間対象リンク） T_k の曲線補間を行う前の状態では、センサユニット S_k は点 Q'_k に位置している。図 9 及び図 10 に示すように、曲線補間部 5 1 によりリンク（補間対象リンク） T_k の曲線補間を行う際は、まず、法線形成部 5 5 が、リンク T_k の基端（第 1 の端点）を通り、リンク T_k に垂直な第 1 の補間法線 N_{k-1} と、リンク T_k の先端（第 2 の端点）を通り、リンク T_k の先端側に隣接するリンク（補間対象隣接リンク） T_{k+1} に垂直な第 2 の補間法線 N_k とを形成する（ステップ $S111$ ）。すなわち、第 1 の補間法線 N_{k-1} は、リンク T_k の方向ベクトルに垂直という条件、及び、センサユニット（第 1 の端点） S

40

50

$k-1$ を通過するという条件から求めることができる。同様に、第2の補間法線 N_k は、リンク T_{k+1} の方向ベクトルに垂直という条件、及び、センサユニット（第2の端点） S_k を通過するという条件から求めることができる。

【0065】

そして、中心決定部57が、第1の補間法線 N_{k-1} と第2の補間法線 N_k との交点 O_k を算出し、交点 O_k を円弧 L_k の中心として決定する（ステップS112）。第1の補間法線 N_{k-1} と第2の補間法線 N_k とが交わらない場合は、第1の補間法線 N_{k-1} と第2の補間法線 N_k との距離が最小となる2点の中間点 O_k を算出する。中間点 O_k を算出する際は、まず、第1の補間法線 N_{k-1} 及び第2の補間法線 N_k の両方に垂直な直線（図示しない）の方程式を求める。そして、この直線と第1の補間法線 N_{k-1} との交点、及び、この直線と第2の補間法線 N_k との交点を求め、2つ交点の中間点が中間点 O_k となる。そして、中間点 O_k を円弧 L_k の中心 O_k として決定する（ステップS112）。

10

【0066】

そして、円弧形成部59が、円弧 L_k を形成する（ステップS113）。円弧 L_k は、中心決定部57により決定された中心 O_k とリンク（補間対象リンク） T_k の基端（第1の端点）との間の距離と同一の半径 R_k を有する。すなわち、円弧 L_k は曲率 $1/R_k$ を有する。また、円弧 L_k は、リンク T_k の基端（第1の端点）を始点とする弧の長さがセンサ間寸法 l に等しい円弧 L_k である。円弧 L_k の先端 Q_k が、曲線補間後のセンサユニット S_k の位置となる。すなわち、リンク T_k の曲線補間により、センサユニット S_k の位置が点 Q'_k から点 Q_k に移動する。以上のようにして、リンク T_k の曲線補間が行われる。

20

【0067】

なお、リンク T_k 以外のリンク T_j についても、曲線補間部51により同様に曲線補間が行われる。すなわち、リンク（補間対象リンク） T_j の曲線補間を行う際は、法線形成部55が、リンク T_j の基端（グローバル座標Cの原点から近い側の端）である第1の端点を通り、リンク T_j に垂直な第1の補間法線 N_{j-1} と、リンク T_j の先端（グローバル座標Cの原点から遠い側の端）である第2の端点を通り、リンク T_j の先端側（グローバル座標Cの原点から遠い側）に隣接するリンク（補間対象隣接リンク） T_{j+1} に垂直な第2の補間法線 N_j とを形成する（ステップS111）。そして、中心決定部57が、第1の補間法線 N_{j-1} と第2の補間法線 N_j との交点 O_j 、又は、第1の補間法線 N_{j-1} と第2の補間法線 N_j との距離が最小となる2点の中間点 O_j を算出し、交点 O_j 又は中間点 O_j を円弧 L_j の中心 O_j として決定する（ステップS112）。そして、円弧形成部59が、半径 R_j が中心 O_j とリンク（補間対象リンク） T_j の基端との間の距離と同一で、かつ、リンク T_j の基端を始点とする弧の長さがセンサ間寸法 l に等しい円弧 L_j を形成する（ステップS113）。

30

【0068】

そして、図9に示すように、補間制御部52が、すべてのリンク T_j について曲線補間が完了したか確認する（ステップS114）。すべてのリンク T_j について曲線補間が完了している場合は、次のステップに進む（ステップS114-Yes）。すべてのリンク T_j について曲線補間が完了していない場合は、ステップS111に戻り（ステップS114-No）、曲線補間部51により、曲線補間が完了していないリンク T_j について曲線補間が行われる。すなわち、すべてのリンク T_j （本実施形態ではN本）について曲線補間が完了するまでステップS111～S113を行う状態に曲線補間部51が制御される。

40

【0069】

曲線補間部51によりすべてのリンク T_j について曲線補間が行われると、円弧位置補正部53が、曲線補間部51により形成されたそれぞれの円弧 L_j を隣接する円弧 L_{j-1} 、 L_{j+1} との円弧境界が連続する状態に平行移動して、円弧 L_j の位置を補正する（ステップS115）。図11は、円弧位置補正部53での処理を説明する図である。ここ

50

では、基端側から k 番目のセンサユニット S_{k-1} と基端側から $(k+1)$ 番目のセンサユニット S_k との間の基端側から k 番目の円弧 L_k の位置補正について説明する。

【0070】

図11に示すように、円弧位置補正部53により、円弧 L_k の位置補正が行われる前の状態では、円弧 L_k の基端側に隣接する円弧 L_{k-1} まで位置補正が完了し、円弧位置補正完了部67が形成されている。円弧 L_k の位置補正を行う際は、位置補正前の円弧 L_k の基端から円弧位置補正完了部67の先端までの移動量だけ、円弧位置補正部53は円弧 L_k を平行移動する。すなわち、図11の点線で示す位置から図11の実線で示す位置に円弧 L_k を平行移動する。これにより、円弧 L_{k-1} と円弧 L_k との円弧境界が連続する状態となり、円弧 L_k の位置が補正される。

10

【0071】

なお、円弧 L_k 以外の円弧 L_j についても、円弧位置補正部53により同様に位置が補正される。すなわち、円弧 L_j の位置補正を行う際は、位置補正前の円弧 L_j の基端から円弧位置補正完了部67の先端（グローバル座標系Cの原点から遠い側の端）までの移動量だけ、円弧位置補正部53は円弧 L_j を平行移動する。これにより、円弧 L_j と円弧 L_{j-1} の基端側（グローバル座標系Cの原点から近い側）に隣接する円弧 L_{j-1} との円弧境界が連続する状態となり、円弧 L_j の位置が補正される。ただし、円弧 L_1 については、円弧 L_1 の基端がグローバル座標系Cの原点であるため、位置の補正は行われない。

【0072】

図4に示すように、曲線形状検出部50による検出線形状61の曲線補間が完了し、検出曲線形状65が形成されると、内視鏡形状検出装置1による検査が完了したかを確認する（ステップS107）。検査が完了していない場合は（ステップS107-No）、ステップS101に戻り、次の静状態での内視鏡10の挿入部11の形状検出を行う。検査が完了している場合は（ステップS107-Yes）、内視鏡10の挿入部11の形状検出は終了する。

20

【0073】

そこで、上記構成の内視鏡形状検出装置1及び内視鏡形状検出装置1を用いた内視鏡10の挿入部11の形状検出方法では、以下の効果を奏する。すなわち、内視鏡形状検出装置1では、それぞれのセンサユニット S_i の計測データから姿勢検出部30がセンサユニット S_i の姿勢を検出し、線形状検出部40がそれぞれのセンサユニット S_i の姿勢から内視鏡10の挿入部11の検出線形状61を検出する。そして、曲線形状検出部50が、検出線形状61の曲線補間を行い、検出曲線形状65を検出する。以上のように、観察時に体腔内に挿入される挿入部11に配置されるセンサユニット S_i の計測データから、挿入部11の検出曲線形状65が検出されるため、体外にセンスコイル等を設ける必要がない。このため、内視鏡形状検出装置1の小型化、単純化を実現することができる。

30

【0074】

また、内視鏡形状検出装置1では、曲線形状検出部50により、それぞれのセンサユニット S_i の間の形状を弧長がセンサ間寸法1に等しい円弧 L_j と仮定して、検出線形状61の曲線補間を行い、検出曲線形状65を検出している。実際に、内視鏡10の挿入部11は、製品により差はあるが、適度の弾性を有する。このため、挿入部11の曲線形状の曲率が大きく変化することは、稀である。したがって、センサユニット S_i の間の形状を半径 R_j （曲率 $1/R_j$ ）の円弧 L_j と仮定して曲線補間を行うことにより、実際の挿入部11の曲線形状と誤差の少ない検出曲線形状65を検出することができる。これにより、高い精度で挿入部11の検出曲線形状65を検出することができる。

40

【0075】

さらに、内視鏡形状検出装置1では、挿入部11が移動していない静状態において、加速度センサ A_i が重力加速度を計測し、地磁気センサ B_i が地磁気を計測する。そして、計測された重力加速度、地磁気から姿勢検出部30がそれぞれのセンサユニット S_i の姿勢を検出する。静状態では、重力加速度及び地磁気は、常に一定の方向に一定の大きさを有する。重力加速度、地磁気からそれぞれのセンサユニット S_i の姿勢を検出するため、

50

静状態においても高い精度でセンサユニット S_i の姿勢を検出することができる。これにより、高い精度で挿入部 11 の検出曲線形状 65 を検出することができる。

【0076】

(第2の実施形態)

次に、本発明の第2の実施形態について図12乃至図15を参照して説明する。なお、第1の実施形態と同一の部分及び同一の機能を有する部分については同一の符号を付して、その説明は省略する。

【0077】

図12は、本実施形態のパソコン8の構成を示す図である。図12に示すように、パソコン8は、第1の実施形態と同様に、通信部26、物理量換算部28、姿勢検出部30、線形形状検出部40、描画部45及び表示部47とを備える。線形形状検出部40及び描画部45には、曲線形状検出部70が接続されている。

【0078】

曲線形状検出部70は、第1の実施形態の曲線形状検出部50と同様に、それぞれのセンサユニット S_i の間の形状を弧長がセンサ間寸法 l に等しい円弧 L_j ($j = 1, 2, \dots, N$) と仮定して、検出線形形状61を曲線補間し、検出曲線形状81を検出する。ただし、検出曲線形状81を検出する手法が曲線形状検出部50とは異なる。

【0079】

曲線形状検出部70は、それぞれのリンク T_j ごとに基端側（グローバル座標系Cの原点から近い側）のリンク T_j から順に曲線補間を行い、円弧 L_j を形成する曲線補間部である補間順次実施部71と、すべてのリンク T_j について曲線補間を行う状態に補間順次実施部71を制御する補間制御部72とを備える。また、曲線形状検出部70は、補間順次実施部71により1つのリンク T_j の曲線補間が行われるたびに、曲線補間が行われていないリンク（未補間リンク） T_j から構成される補間未完了部85を平行移動し、位置を補正する未補間リンク位置補正部73を備える。未補間リンク位置補正部73により、補間未完了部85が、曲線補間により形成される円弧 L_j から構成される補間完了部83と境界が連続する状態に平行移動される。

【0080】

図12に示すように、補間順次実施部71は、法線形成部75と、中心決定部77と、円弧形成部79とを備える。法線形成部75、中心決定部77及び円弧形成部79の詳細については、後述する。

【0081】

ここで、曲線形状検出部70で、線形形状検出部40により検出された検出線形形状61の曲線補間を行い、検出曲線形状81を検出する方法について説明する。曲線形状検出部70は、第1の実施形態の曲線形状検出部50と同様に、それぞれのセンサユニット S_i の間の形状を弧長がセンサ間寸法 l に等しい円弧 L_j と仮定して、検出線形形状61を曲線補間する（図4のステップS106）。これにより、第1の実施形態で前述したように、実際の挿入部11の曲線形状と誤差の少ない検出曲線形状81が形成される。

【0082】

検出線形形状61の曲線補間を行う際、補間順次実施部71は、それぞれのリンク T_j ごとに基端側（グローバル座標系Cの原点から近い側）のリンク T_j から順に曲線補間を行い、円弧 L_j を形成する。ここで、補間順次実施部71により、リンク T_j の曲線補間を行う方法について説明する。ここでは、基端側から k 番目のセンサユニット S_{k-1} と基端側から $(k+1)$ 番目のセンサユニット S_k との間の基端側から k 番目のリンク T_k の曲線補間について説明する。

【0083】

図13は、曲線形状検出部70により検出線形形状61から検出曲線形状81を検出する方法を示すフローチャートである。図14は、補間順次実施部71での処理を説明する図である。図14に示すように、補間順次実施部71により、リンク T_k の曲線補間が行われる前の状態では、リンク T_{k-1} まで曲線補間が完了し、補間完了部83が形成され

ている。補間完了部 83 は、円弧 $L_1 \sim L_{k-1}$ から構成されている。また、補間が行われていないリンク（補間未完了リンク） $T_k \sim T_N$ から構成される補間未完了部 85 が形成されている。この際、補間完了部 83 と補間未完了部 85 との境界は連続し、センサユニット S_k は点 U'_k に位置している。

【0084】

この状態で、補間順次実施部 71 により、補間未完了部 85 の中で最も基端側に位置するリンク（補間対象リンク） T_k の曲線補間が行われる。図 13 及び図 14 に示すように、リンク T_k の曲線補間を行う際は、まず、法線形成部 75 が、リンク T_k の基端（第 1 の端点）を通り、リンク T_k に垂直な第 1 の補間法線 N_{k-1} と、リンク T_k の先端（第 2 の端点）を通り、リンク T_k の先端側に隣接するリンク（補間対象隣接リンク） T_{k+1} に垂直な第 2 の補間法線 N_k とを形成する（ステップ S121）。

10

【0085】

そして、中心決定部 77 が、第 1 の補間法線 N_{k-1} と第 2 の補間法線 N_k との交点 O_k を算出し、交点 O_k を円弧 L_k の中心として決定する（ステップ S122）。第 1 の補間法線 N_{k-1} と第 2 の補間法線 N_k とが交わらない場合は、第 1 の補間法線 N_{k-1} と第 2 の補間法線 N_k との距離が最小となる 2 点の中間点 O_k を算出する。中間点 O_k は、第 1 の実施形態と同様の手法により算出される。そして、中間点 O_k を円弧 L_k の中心 O_k として決定する（ステップ S122）。

【0086】

そして、円弧形成部 79 が、円弧 L_k を形成する（ステップ S123）。円弧 L_k は、中心決定部 77 により決定された中心 O_k とリンク（補間対象リンク） T_k の基端との間の距離と同一の半径 R_k を有する。すなわち、円弧 L_k は曲率 $1/R_k$ を有する。また、円弧 L_k は、リンク T_k の基端を始点とする弧の長さがセンサ間寸法 l に等しい円弧 L_k である。円弧 L_k の先端 U_k が、曲線補間後のセンサユニット S_k の位置となる。すなわち、リンク T_k の曲線補間により、センサユニット S_k の位置が点 U'_k から点 U_k に移動する。センサユニット S_k の位置の移動により、補間順次実施部 71 によりリンク T_k の曲線補間が行われる前の状態では連続していた補間完了部 83 と補間未完了部 85 との境界が、不連続な状態となる。すなわち、円弧 L_k とリンク T_{k+1} が不連続な状態となる。

20

【0087】

なお、リンク T_k 以外のリンク T_j についても、補間順次実施部 71 により同様に曲線補間が行われる。すなわち、リンク（補間対象リンク） T_j の曲線補間を行う際は、法線形成部 75 が、リンク T_j の基端（グローバル座標 C の原点から近い側の端）である第 1 の端点を通り、リンク T_j に垂直な第 1 の補間法線 N_{j-1} と、リンク T_j の先端（グローバル座標 C の原点から遠い側の端）である第 2 の端点を通り、リンク T_j の先端側（グローバル座標 C の原点から遠い側）に隣接するリンク（補間対象隣接リンク） T_{j+1} に垂直な第 2 の補間法線 N_j とを形成する（ステップ S121）。そして、中心決定部 77 が、第 1 の補間法線 N_{j-1} と第 2 の補間法線 N_j との交点 O_j 、又は、第 1 の補間法線 N_{j-1} と第 2 の補間法線 N_j との距離が最小となる 2 点の中間点 O_j を算出し、交点 O_j 又は中間点 O_j を円弧 L_j の中心 O_j として決定する（ステップ S122）。そして、円弧形成部 79 が、半径 R_j が中心 O_j とリンク（補間対象リンク） T_j の基端との間の距離と同一で、かつ、リンク T_j の基端を始点とする弧の長さがセンサ間寸法 l に等しい円弧 L_j を形成する（ステップ S123）。

30

40

【0088】

図 15 は、未補間リンク位置補正部 73 での処理を説明する図である。図 15 に示すように、補間順次実施部 71 により、リンク T_k の曲線補間が行われ、円弧 L_k が形成された後の状態では、曲線補間が完了した補間完了部 83 と、曲線補間が完了していない補間未完了部 85 とが形成されている。補間完了部 83 は円弧 $L_1 \sim L_k$ から構成され、補間未完了部 85 はリンク $T_{k+1} \sim T_N$ から構成されている。この際、前述のようにリンク T_k の曲線補間によりセンサユニット S_k の位置が点 U'_k から点 U_k に移動するため、

50

補間完了部 8 3 と補間未完了部 8 5 との境界は、不連続となっている。この状態で、未補間リンク位置補正部 7 3 が、補間未完了部 8 5 を補間完了部 8 3 と境界が連続する状態に平行移動して、補間未完了部 8 5 の位置を補正する（ステップ S 1 2 4）。すなわち、図 1 5 の点線で示す位置から、実線で示す位置に補間未完了部 8 5 が平行移動される。

【0089】

なお、リンク T_k 以外のリンク T_j についても、同様に未補間リンク位置補正部 7 3 により補間未完了部 8 5 の位置が補正される。すなわち、補間順次実施部 7 1 によりリンク T_j の曲線補間が行われた後、補間完了部 8 3 と補間未完了部 8 5 との境界は不連続となっている。この状態で、未補間リンク位置補正部 7 3 が、補間未完了部 8 5 を補間完了部 8 3 と連続する状態に平行移動して、補間未完了部 8 5 の位置を補正する（ステップ S 1 2 4）。未補間リンク位置補正部 7 3 は、補間順次実施部 7 1 により 1 つのリンク T_j の曲線補間が行われるたびに、補間未完了部 8 5 の位置を補正する。

【0090】

そして、図 1 3 に示すように、補間制御部 7 2 が、すべてのリンク T_j について曲線補間が完了したか確認する（ステップ S 1 2 5）。すべてのリンク T_j について曲線補間が完了している場合は、挿入部 1 1 の検出曲線形状 8 1 が形成され、次のステップに進む（ステップ S 1 2 5－Yes）。すべてのリンク T_j について曲線補間が完了していない場合は、ステップ S 1 2 1 に戻り（ステップ S 1 2 5－No）、補間順次実施部 7 1 により、補間未完了部 8 5 の中で最も基端側（グローバル座標系 C の原点から近い側）に位置するリンク（補間対象リンク） T_j の曲線補間が行われる。すなわち、すべてのリンク T_j について曲線補間が完了するまでステップ S 1 2 1 ～ S 1 2 3 を行う状態に、補間順次実施部 7 1 が制御される。そして、補間順次実施部 7 1 により次のリンク T_j の曲線補間が行われると（ステップ S 1 2 1 ～ S 1 2 3）、未補間リンク位置補正部 7 3 により補間未完了部 8 5 の位置の補正が行われる（ステップ S 1 2 4）。

【0091】

そこで、上記構成の内視鏡形状検出装置 1 及び内視鏡形状検出装置 1 を用いた内視鏡 1 0 の挿入部 1 1 の形状検出方法では、以下の効果を奏する。すなわち、内視鏡形状検出装置 1 では、それぞれのセンサユニット S_i の計測データから姿勢検出部 3 0 がセンサユニット S_i の姿勢を検出し、線形形状検出部 4 0 がそれぞれのセンサユニット S_i の姿勢から内視鏡 1 0 の挿入部 1 1 の検出線形形状 6 1 を検出する。そして、曲線形状検出部 7 0 が、検出線形形状 6 1 の曲線補間を行い、検出曲線形状 8 1 を検出する。以上のように、観察時に体腔内に挿入される挿入部 1 1 に配置されるセンサユニット S_i の計測データから、挿入部 1 1 の検出曲線形状 8 1 が検出されるため、体外にセンスコイル等を設ける必要がない。このため、内視鏡形状検出装置 1 の小型化、単純化を実現することができる。

【0092】

また、内視鏡形状検出装置 1 では、曲線形状検出部 7 0 により、それぞれのセンサユニット S_i の間の形状を弧長がセンサ間寸法 1 に等しい円弧 L_j と仮定して、検出線形形状 6 1 の曲線補間を行い、検出曲線形状 8 1 を検出している。実際に、内視鏡 1 0 の挿入部 1 1 は、製品により差はあるが、適度の弾性を有する。このため、挿入部 1 1 の曲線形状の曲率が大きく変化することは、稀である。したがって、センサユニット S_i の間の形状を半径 R_j （曲率 $1/R_j$ ）の円弧 L_j と仮定して曲線補間を行うことにより、実際の挿入部 1 1 の曲線形状と誤差の少ない検出曲線形状 8 1 を検出することができる。これにより、高い精度で挿入部 1 1 の検出曲線形状 8 1 を検出することができる。

【0093】

さらに、内視鏡形状検出装置 1 では、挿入部 1 1 が移動していない静状態において、加速度センサ A_i が重力加速度を計測し、地磁気センサ B_i が地磁気を計測する。そして、計測された重力加速度、地磁気から姿勢検出部 3 0 がそれぞれのセンサユニット S_i の姿勢を検出する。静状態では、重力加速度及び地磁気は、常に一定の方向に一定の大きさを有する。重力加速度、地磁気からそれぞれのセンサユニット S_i の姿勢を検出するため、静状態においても高い精度でセンサユニット S_i の姿勢を検出することができる。これに

より、高い精度で挿入部 11 の検出曲線形状 81 を検出することができる。

【0094】

(第 1 の変形例)

次に、上述の実施形態の第 1 の変形例について図 16 及び図 17 を参照して説明する。なお、第 1 の実施形態及び第 2 の実施形態と同一の部分及び同一の機能を有する部分については同一の符号を付して、その説明は省略する。

【0095】

本変形例では、内視鏡 10 の挿入部 11 が平行移動している動状態での挿入部 11 の形状を検出可能である。動状態での挿入部 11 の形状を検出は、図 4 のステップ S106 とステップ S107 との間に行われる。図 16 は、本変形例のパソコン 8 の構成を示す図である。図 17 は、動状態での挿入部 11 の形状を検出する手法を示すフローチャートである。

【0096】

図 16 に示すように、パソコン 8 は、第 1 の実施形態と同様に、通信部 26、物理量換算部 28、姿勢検出部 30、線形形状検出部 40、描画部 45、表示部 47 及び曲線形状検出部 50 とを備える。

【0097】

物理量換算部 28 には、加速度検出部 90 が接続されている。図 17 に示すように、動状態での挿入部 11 の形状を検出する際、加速度検出部 90 は、それぞれのセンサユニット S_i の加速度センサ A_i により計測された動状態での加速度データを取得する（ステップ S131）。そして、加速度検出部 90 は、動状態での加速度データに基づいて、それぞれのセンサユニット S_i の中心で計測される加速度ベクトルを、グローバル座標系 C の X 軸方向成分、Y 軸方向成分、Z 軸方向成分に分解する。そして、それぞれのセンサユニット S_i の中心で計測される加速度ベクトルの、グローバル座標系 C の X 軸方向成分、Y 軸方向成分、Z 軸方向成分を検出する（ステップ S132）。

【0098】

ここで、加速度検出部 90 で、それぞれのセンサユニット S_i の中心で計測される加速度ベクトルの、グローバル座標系 C の X 軸方向成分、Y 軸方向成分、Z 軸方向成分を検出する手法について説明する。動状態では、静状態で鉛直方向に発生する重力加速度に、挿入部 11 の移動による成分が加わるため、それぞれのセンサユニット S_i の中心で計測される加速度ベクトルのグローバル座標系 C の X 軸方向成分、Y 軸方向成分、Z 軸方向成分を、

【数 17】

$$\dot{a}_{thi} = [a_{thi_x} \quad a_{thi_y} \quad -g + a_{thi_z}]^T \quad (17)$$

【0099】

とする。また、それぞれのセンサユニット S_i の加速度センサ A_i により計測された加速度ベクトルのローカル座標系 C_i の X_i 軸方向成分、 Y_i 軸方向成分、 Z_i 軸方向成分を、

【数 18】

$$\dot{a}_{obsi}' = [a_{Bi_x}' \quad a_{Bi_y}' \quad a_{Bi_z}']^T \quad (18)$$

【0100】

とする。

【0101】

また、本変形例では、内視鏡 10 の挿入部 11 が平行移動している場合を考えるため、近接して配置される複数のセンサユニット S_i において、グローバル座標系 C での加速度ベクトルは、同一であると仮定する。実際の内視鏡 10 では、それぞれのセンサユニット

S_i の間のセンサ間寸法 l は非常に小さいため、このような仮定は可能である。このように仮定することにより、例えばセンサユニット S_1 で計測される加速度ベクトルとセンサユニット S_2 で計測される加速度ベクトルとの間で、

【数 19】

$$\dot{a}_{th1} = \dot{a}_{th2} \quad (19.1)$$

$$\|\dot{a}_{obs1}'\| = \|\dot{a}_{obs2}'\| \quad (19.2)$$

【0102】

10

となる。そして、式 (19.1)、式 (19.2) からそれぞれ、

【数 20】

$$[a_{th1_x} \ a_{th1_y} \ a_{th1_z}]^T = [a_{th2_x} \ a_{th2_y} \ a_{th2_z}]^T \quad (20.1)$$

$$[a_{B1_x}' \ a_{B1_y}' \ a_{B1_z}']^T = \left[a_{B2_x}' \ a_{B2_y}' \ \sqrt{\|\dot{a}_{obs1}'\|^2 - (a_{B2_x}'^2 + a_{B2_y}'^2)} \right]^T \quad (20.2)$$

20

【0103】

の関係が成り立つ。

【0104】

ここで、センサユニット S_1 では、グローバル座標系 C とローカル座標系 C_1 の関係から、式 (1) の回転行列を用いて、

【数 21】

$$\dot{a}_{obs1}' = (C_{B1}^G)^T \dot{a}_{th1} \quad (21)$$

$$= \begin{bmatrix} -\sin\gamma_1 \cdot \sin\alpha_1 \cdot \sin\beta_1 + \cos\beta_1 \cdot \cos\gamma_1 & -\sin\gamma_1 \cdot \cos\alpha_1 & \sin\gamma_1 \cdot \sin\alpha_1 \cdot \cos\beta_1 + \sin\beta_1 \cdot \cos\gamma_1 \\ \cos\gamma_1 \cdot \sin\alpha_1 \cdot \sin\beta_1 + \cos\beta_1 \cdot \sin\gamma_1 & \cos\gamma_1 \cdot \cos\alpha_1 & -\cos\gamma_1 \cdot \sin\alpha_1 \cdot \cos\beta_1 + \sin\beta_1 \cdot \sin\gamma_1 \\ -\cos\alpha_1 \cdot \sin\beta_1 & \sin\alpha_1 & \cos\alpha_1 \cdot \cos\beta_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{th1_x} \\ a_{th1_y} \\ -g + a_{th1_z} \end{bmatrix}$$

30

【0105】

となる。同様に、センサユニット S_2 では、グローバル座標系 C とローカル座標系 C_2 の関係から、式 (1) の回転行列を用いて、

40

【数 2 2】

$$\begin{aligned} \dot{a}_{obs2}' &= (C_{B2}^G)^T \dot{a}_{th2} \\ &= \begin{bmatrix} -\sin\gamma_2 \cdot \sin\alpha_2 \cdot \sin\beta_2 + \cos\beta_2 \cdot \cos\gamma_2 & -\sin\gamma_2 \cdot \cos\alpha_2 & \sin\gamma_2 \cdot \sin\alpha_2 \cdot \cos\beta_2 + \sin\beta_2 \cdot \cos\gamma_2 \\ \cos\gamma_2 \cdot \sin\alpha_2 \cdot \sin\beta_2 + \cos\beta_2 \cdot \sin\gamma_2 & \cos\gamma_2 \cdot \cos\alpha_2 & -\cos\gamma_2 \cdot \sin\alpha_2 \cdot \cos\beta_2 + \sin\beta_2 \cdot \sin\gamma_2 \\ -\cos\alpha_2 \cdot \sin\beta_2 & \sin\alpha_2 & \cos\alpha_2 \cdot \cos\beta_2 \end{bmatrix} \\ &\quad \begin{bmatrix} a_{th2_x} \\ a_{th2_y} \\ -g + a_{th2_z} \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (22)$$

10

【0 1 0 6】

となる。式(20.1)の関係を利用して、式(21)、(22)を解くことにより、センサユニット S_1 、 S_2 で計測された重力加速度以外の加速度ベクトルの、グローバル座標系 C の X 軸方向成分 a_{th1_x} (a_{th2_x})、 Y 軸方向成分 a_{th1_y} (a_{th2_y})、 Z 軸方向成分 a_{th1_z} (a_{th2_z}) が求まる。式(13)で示す地磁気センサ B_i により計測される地磁気ベクトルのグローバル座標系 C のそれぞれの軸方向成分と、式(9)で示す地磁気ベクトルのローカル座標系 C_i のそれぞれの軸方向成分との関係は、式(1)の回転行列を用いて、

【数 2 3】

20

$$\begin{aligned} \dot{M}_{obsi} &= (C_{Bi}^G)^T \dot{M}_{th} \\ &= \begin{bmatrix} -\sin\gamma_i \cdot \sin\alpha_i \cdot \sin\beta_i + \cos\beta_i \cdot \cos\gamma_i & -\sin\gamma_i \cdot \cos\alpha_i & \sin\gamma_i \cdot \sin\alpha_i \cdot \cos\beta_i + \sin\beta_i \cdot \cos\gamma_i \\ \cos\gamma_i \cdot \sin\alpha_i \cdot \sin\beta_i + \cos\beta_i \cdot \sin\gamma_i & \cos\gamma_i \cdot \cos\alpha_i & -\cos\gamma_i \cdot \sin\alpha_i \cdot \cos\beta_i + \sin\beta_i \cdot \sin\gamma_i \\ -\cos\alpha_i \cdot \sin\beta_i & \sin\alpha_i & \cos\alpha_i \cdot \cos\beta_i \end{bmatrix} \\ &\quad \begin{bmatrix} E_x \\ E_y \\ E_z \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (23)$$

【0 1 0 7】

30

となる。式(23)において $i = 1$ (又は 2) を代入した地磁気の関係式を含めて式(20.1)(21)(22)を解く場合、方程式12個に対して、未知数が姿勢角6個に加え加速度が6個で合計12個である。その結果、センサユニット S_1 、 S_2 で計測された重力加速度以外の加速度ベクトルの、グローバル座標系 C の X 軸方向成分 a_{th1_x} (a_{th2_x})、 Y 軸方向成分 a_{th1_y} (a_{th2_y})、 Z 軸方向成分 a_{th1_z} (a_{th2_z}) を数値演算的に解くことが可能である。その他のセンサユニット S_i についても同様にして、それぞれのセンサユニット S_i で計測された重力加速度以外の加速度ベクトルの、グローバル座標系 C の X 軸方向成分 a_{thi_x} 、 Y 軸方向成分 a_{thi_y} 、 Z 軸方向成分 a_{thi_z} が求まる。

【0 1 0 8】

40

加速度検出部90には、変位算出部92が接続されている。変位算出部92は、加速度検出部90で検出された重力加速度以外の加速度ベクトルに基づいて、前回の静状態からのそれぞれのセンサユニット S_i の変位を算出する(ステップS133)。前回の静状態からのそれぞれのセンサユニット S_i の変位のグローバル座標系 C の X 軸方向成分、 Y 軸方向成分、 Z 軸方向成分は、それぞれのセンサユニット S_i で計測された重力加速度以外の加速度ベクトルの、グローバル座標系 C の X 軸方向成分 a_{thi_x} 、 Y 軸方向成分 a_{thi_y} 、 Z 軸方向成分 a_{thi_z} をそれぞれ2重積分することにより求まる。また、変位算出部92では、それぞれのセンサユニット S_i の速度ベクトルのグローバル座標系 C の X 軸方向成分、 Y 軸方向成分、 Z 軸方向成分も算出される。それぞれのセンサユニット S_i の速度ベクトルのグローバル座標系 C の X 軸方向成分、 Y 軸方向成分、 Z 軸方向

50

成分は、それぞれのセンサユニット S_i で計測された重力加速度以外の加速度ベクトルの、グローバル座標系 C の X 軸方向成分 a_{thi_x} 、 Y 軸方向成分 a_{thi_y} 、 Z 軸方向成分 a_{thi_z} をそれぞれ 1 回だけ積分することにより求まる。

【0109】

変位算出部 92 は、移動状態検出部 94 が接続されている。移動状態検出部 94 は、曲線形状検出部 50 に接続されている。図 17 に示すように、動状態での挿入部 11 の形状を検出する際には、前述した手法（図 4 のステップ $S101 \sim S106$ ）により前回の静状態での挿入部 11 の検出曲線形状 65 が検出されている。移動状態検出部 94 には、前回の静状態での挿入部 11 の検出曲線形状 65 が、曲線形状検出部 50 から入力される。また、移動状態検出部 94 には、変位算出部 92 から前回の静状態からのそれぞれのセンサユニット S_i の変位のグローバル座標系 C の X 軸方向成分、 Y 軸方向成分、 Z 軸方向成分の算出結果が入力される。移動状態検出部 94 は、前回の静状態での挿入部 11 の検出曲線形状 65、及び、前回の静状態からのそれぞれのセンサユニット S_i の変位に基づいて、前回の静状態からの挿入部 11 の移動状態を検出する（ステップ $S134$ ）。これにより、動状態での内視鏡 10 の挿入部 11 の形状が検出される。

【0110】

移動状態検出部 94 には、描画部 45 が接続されている。移動状態検出部 94 により検出されたグローバル座標系 C における挿入部 11 の動状態での検出形状は、描画部 45 により描画される。術者は、描画部 45 により描画された動状態での検出形状を表示部 47 で確認可能となっている。

【0111】

また、変位算出部 92 には、滞留状態検出部 96 が接続されている。滞留状態検出部 96 には、警告部 98 が接続されている。滞留状態検出部 96 では、それぞれのセンサユニット S_i の加速度ベクトル、速度ベクトル、変位のグローバル座標系 C の X 軸方向成分、 Y 軸方向成分、 Z 軸方向成分に基づいて、挿入部 11 の滞留状態を検出する（ステップ $S135$ ）。すなわち、例えば内視鏡 10 により S 状結腸の観察を行う際に、挿入部 11 が S トップ等で滞留している状態を検出する。これにより、操作部 12 での操作が挿入部 11 に伝達されているか、術者は確認可能となる。挿入部 11 が滞留している場合は（ステップ $S135 - Yes$ ）、警告部 98 により警告表示される（ステップ $S136$ ）。挿入部 11 が滞留していない場合は（ステップ $S135 - No$ ）、警告表示は行われずステップ $S107$ （図 4 参照）に進む。

【0112】

以上のように、本変形例の内視鏡形状検出装置 1 では、加速度検出部 90 でそれぞれのセンサユニット S_i の中心で計測される加速度ベクトルの、グローバル座標系 C の X 軸方向成分、 Y 軸方向成分、 Z 軸方向成分を検出される。そして、変位算出部 92 では、それぞれのセンサユニット S_i の変位及び速度ベクトルの、グローバル座標系 C の X 軸方向成分、 Y 軸方向成分、 Z 軸方向成分も算出される。算出された加速度ベクトル、速度ベクトル、変位及び前回の静状態での検出曲線形状 65 から、移動状態検出部 94 が動状態での挿入部 11 の形状を検出する。また、算出された加速度ベクトル、速度ベクトル、変位に基づいて、滞留状態検出部 96 が挿入部 11 の滞留状態を検出する。そして、滞留状態が検出された場合は、警告部 98 により警告表示が行われる。このような構成にすることにより、操作部 12 での操作が挿入部 11 に伝達されているか、術者は確認可能となる。これにより、術者は内視鏡 10 を操作する際、より適切な判断を行うことができる。

【0113】

（その他の変形例）

なお、第 1 の実施形態では、まず、曲線補間部 51 がすべてのリンク T_j について曲線補間を行い、円弧 L_j を形成している。そして、円弧位置補正部 53 がそれぞれの円弧 L_j を隣接する円弧 L_{j-1} 、 L_{j+1} と境界が連続する状態に平行移動し、円弧 L_j の位置を補正している。一方、第 2 の実施形態では、補間順次実施部 71 により、それぞれのリンク T_j ごとに基端側のリンク T_j から順に曲線補間が行われる。そして、1 つのリン

ク T_j について曲線補間が行われるたびに、補間未完了部 85 を補間完了部 83 と連続する状態に平行移動して、補間未完了部 85 の位置を補正する。すなわち、第 1 の実施形態の曲線形状検出部 50 で検出される検出曲線形状 65 と、第 2 の実施形態の曲線形状検出部 70 で検出される検出曲線形状 81 とは同一の曲線形状である。以上のことから、本発明は、回路構成等が複雑になるが、第 1 の実施形態と第 2 の実施形態とを組み合わせた曲線形状検出部を備えてもよい。この曲線形状検出部では、例えば、まず、リンク T_k までは第 1 の実施形態と同様に曲線補間を行い、円弧 $L_1 \sim L_k$ 形成された後に円弧 $L_1 \sim L_k$ の位置補正を行う。そして、リンク T_{k+1} からは、第 2 の実施形態と同様に 1 つのリンク T_j について曲線補間が行われるたびに、補間未完了部 85 の位置補正を行う。

【0114】

10

また、上述の実施形態では、それぞれのローカル座標系 C_i は、 Y_i 軸方向がセンサユニット S_i の中心での長手方向と一致している座標系である。しかし、本発明では、それぞれのローカル座標系 C_i は、センサユニット S_i の中心を原点とし、 X_i 軸、 Y_i 軸、 Z_i 軸のいずれか 1 つの軸がセンサユニット S_i の中心での長手方向と軸方向が一致する長手方向軸である座標系であればよい。ただし、 X_i 軸が長手方向軸である場合は、式 (16.1)、式 (16.2) で $e_{y_{k-1}}$ 代わりに、

【数 24】

$$e_{x_{k-1}} = [1 \ 0 \ 0]^T \quad (24)$$

20

【0115】

を用いる。同様に、 Z_i 軸が長手方向軸である場合は、式 (16.1)、式 (16.2) で $e_{y_{k-1}}$ 代わりに、

【数 25】

$$e_{z_{k-1}} = [0 \ 0 \ 1]^T \quad (25)$$

【0116】

を用いる。ここで、 $e_{x_{k-1}}$ はローカル座標系 C_{k-1} の原点での長手方向である X_{k-1} 軸方向の単位ベクトルであり、 $e_{z_{k-1}}$ はローカル座標系 C_{k-1} の原点での長手方向である Z_{k-1} 軸方向の単位ベクトルである。

30

【0117】

また、上述の実施形態では、グローバル座標系 C は、最も基端側のセンサユニット S_0 の中心を原点とし、 Z 軸が鉛直方向と一致し、 X 軸及び Y 軸が水平面上に配置される座標系である。しかし、本発明では、 X 軸、 Y 軸、 Z 軸のいずれか 1 つの軸が鉛直方向と軸方向が一致する鉛直方向軸であり、鉛直方向軸以外の 2 つの軸が水平面上に配置される水平方向軸である座標系であればよい。これにより、加速度センサ A_i により計測される重力加速度及び地磁気センサ B_i により計測される地磁気に基づいて、姿勢検出部 30 はそれぞれのセンサユニット S_i の姿勢を検出することが可能である。ただし、 X 軸が鉛直方向軸の場合は、式 (2) で示される重力加速度ベクトルのグローバル座標系 C の X 軸方向成分、 Y 軸方向成分、 Z 軸方向成分は、

40

【数 26】

$$\dot{a}_{th} = [-g \ 0 \ 0]^T \quad (26)$$

【0118】

となる。この場合、第 1 の実施形態では、姿勢角 α_i 、 β_i 、 γ_i はヨー角 γ_i 、ピッチ角 α_i 、ロール角 β_i の順で回転する (Z 、 X 、 Y) 型としたが、姿勢角 α_i 、 β_i 、 γ_i の回転する順序を変えて、式 (1) の回転行列とは別の回転行列を用いる。これにより、加速度センサ A_i で計測された加速度データに基づいて、第 1 の角度算出部 34 で水平

50

方向軸であるY軸、Z軸回りの姿勢角 β_i 、 γ_i が算出される。また、地磁気センサ B_i で計測された地磁気データに基づいて、第2の角度算出部36で鉛直方向軸であるX軸回りの姿勢角 α_i が算出される。Y軸が鉛直方向軸の場合についても同様であり、加速度センサ A_i で計測された加速度データに基づいて、第1の角度算出部34で水平方向軸であるX軸、Z軸回りの姿勢角 α_i 、 γ_i が算出される。また、地磁気センサ B_i で計測された地磁気データに基づいて、第2の角度算出部36で鉛直方向軸であるY軸回りの姿勢角 β_i が算出される。

【0119】

さらに、上述の実施形態では、グローバル座標系Cは、最も基端側のセンサユニット S_0 の中心を原点としているが、最も先端側のセンサユニット S_N の中心を原点としてもよい。この場合、リンク形成部41は、式(16.1)、式(16.2)を用いて、リンク T_j の先端側(グローバル座標系Cの原点から近い側)のセンサユニット S_j がグローバル座標系Cの原点に位置する場合の、リンク T_j の基端側(グローバル座標系Cの原点から遠い側)のセンサユニット S_{j-1} の座標 $P'_j(l_{xj}, l_{yj}, l_{zj})$ を求める。そして、グローバル座標系Cの原点と座標 $P'_j(l_{xj}, l_{yj}, l_{zj})$ とを直線状に結ぶことにより、リンク T_j が形成される。

【0120】

また、この場合、曲線形状検出部50の曲線補間部51によりリンク(補間対象リンク) T_j の曲線補間を行う際は、法線形成部55が、リンク T_j の先端(グローバル座標Cの原点から近い側の端)である第1の端点を通り、リンク T_j に垂直な第1の補間法線 N_j と、リンク T_j の基端(グローバル座標Cの原点から遠い側の端)である第2の端点を通り、リンク T_j の基端側(グローバル座標Cの原点から遠い側)に隣接するリンク(補間対象隣接リンク) T_{j-1} に垂直な第2の補間法線 N_{j-1} とを形成する。そして、中心決定部57が、第1の補間法線 N_j と第2の補間法線 N_{j-1} との交点 O_j 、又は、第1の補間法線 N_j と第2の補間法線 N_{j-1} との距離が最小となる2点の中間点 O_j を算出し、交点 O_j 又は中間点 O_j を円弧 L_j の中心 O_j として決定する。そして、円弧形成部59が、半径 R_j が中心 O_j とリンク(補間対象リンク) T_j の先端との間の距離と同一で、かつ、リンク T_j の先端を始点とする弧の長さがセンサ間寸法1に等しい円弧 L_j 形成する。

【0121】

さらに、この場合、曲線形状検出部70の補間順次実施部71は、それぞれのリンク T_j ごとに先端側(グローバル座標系Cの原点から近い側)のリンク T_j から順に曲線補間を行い、円弧 L_j を形成する。

【0122】

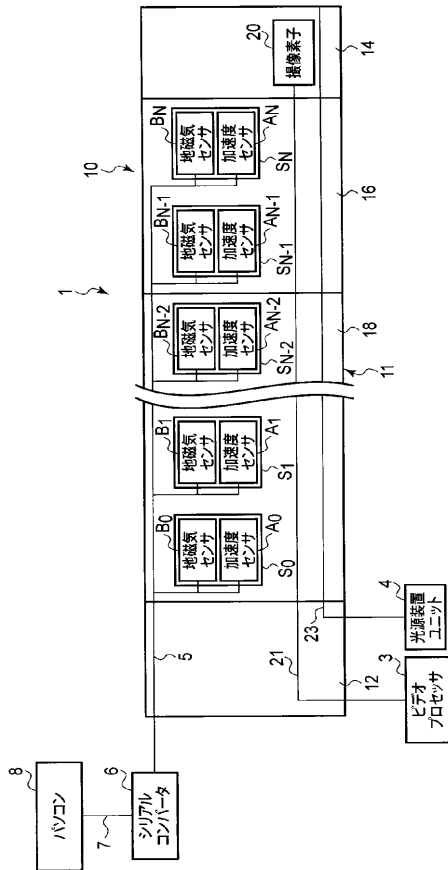
以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は上記の実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の変形ができることは勿論である。

10

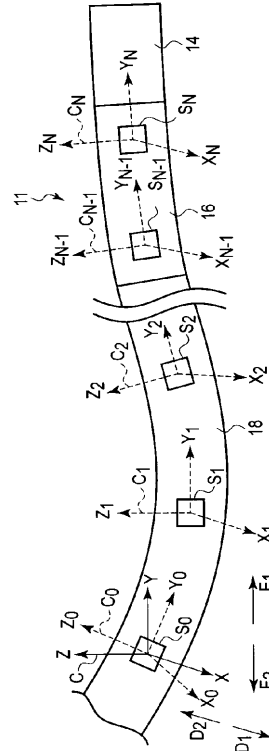
20

30

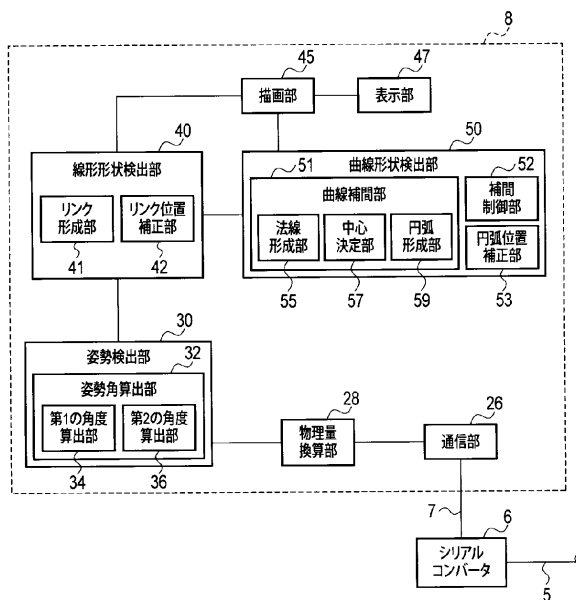
【図 1】



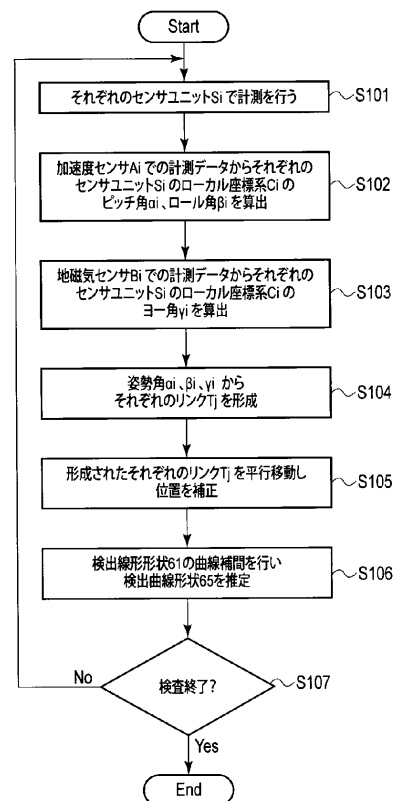
【図 2】



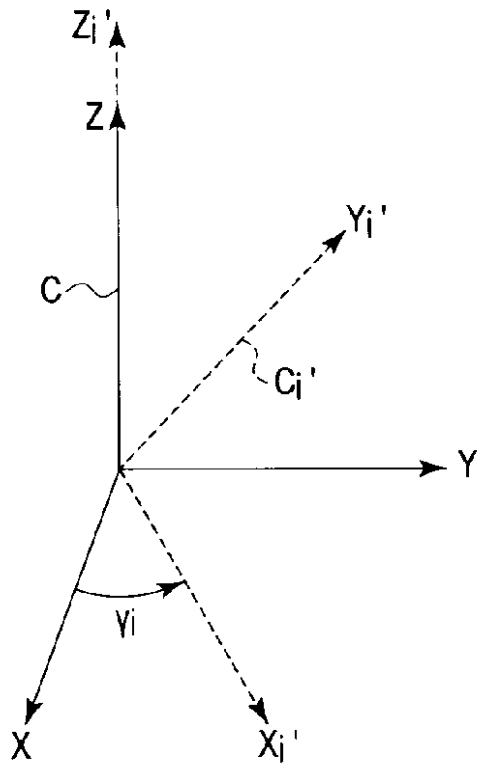
【図 3】



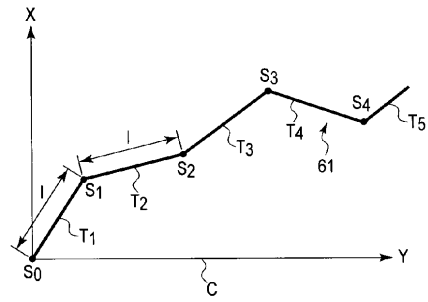
【図 4】



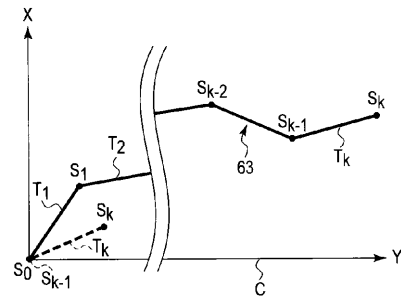
【図 5】



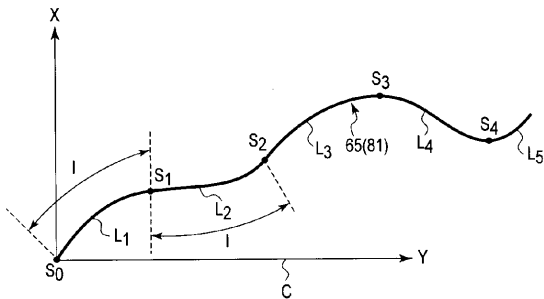
【図 6】



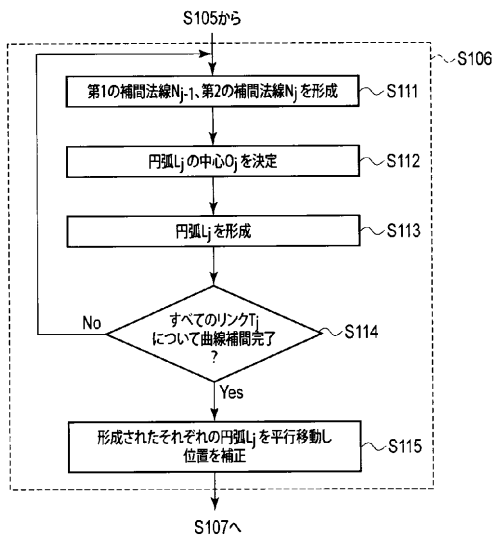
【図 7】



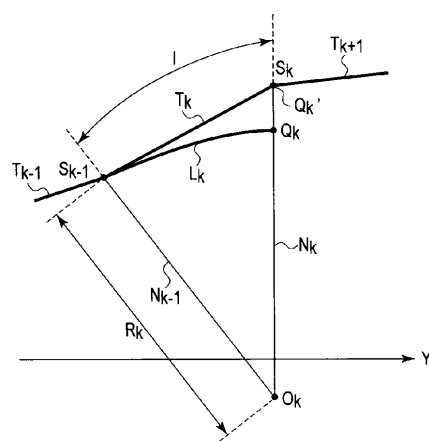
【図 8】



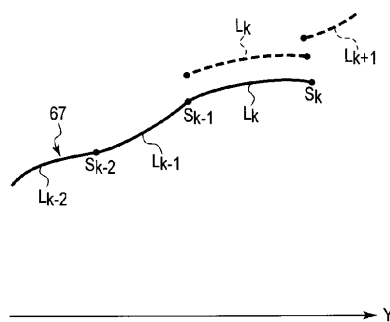
【図 9】



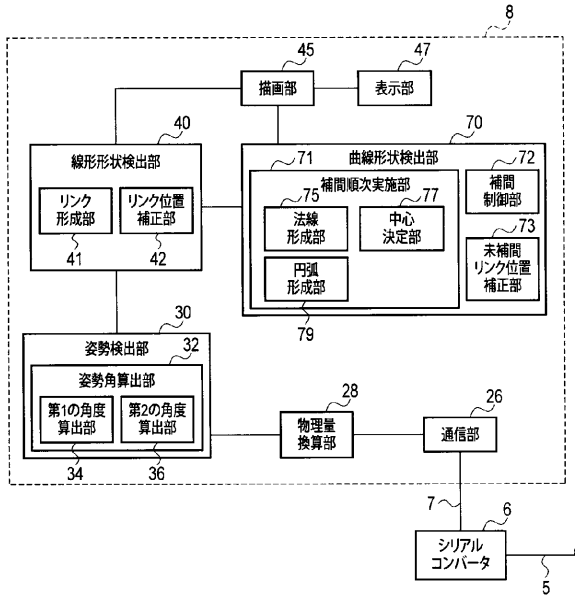
【図 10】



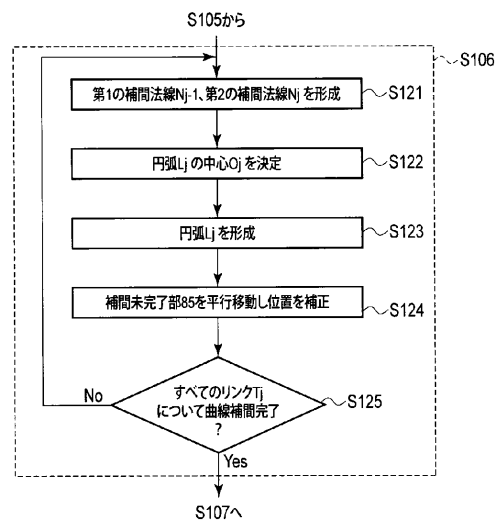
【図 11】



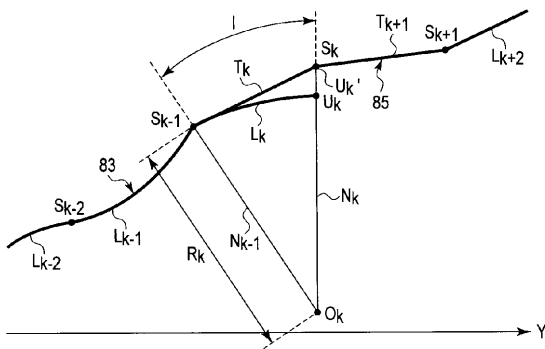
【図 1 2】



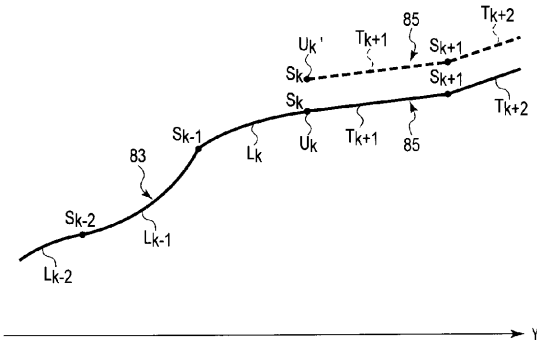
【図 1 3】



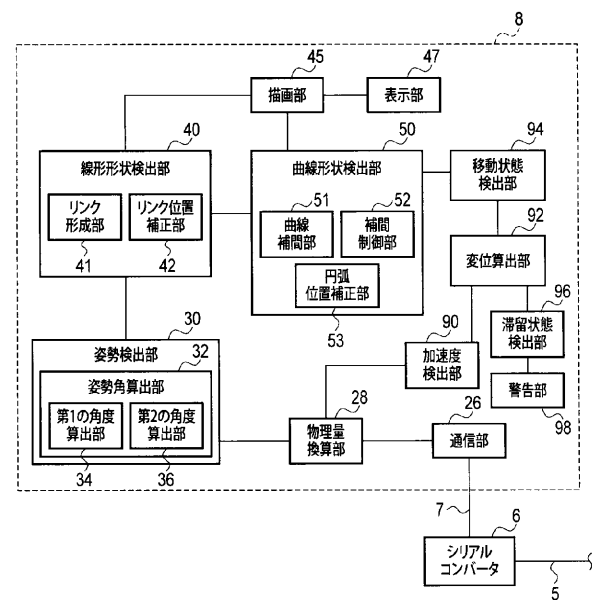
【図 1 4】



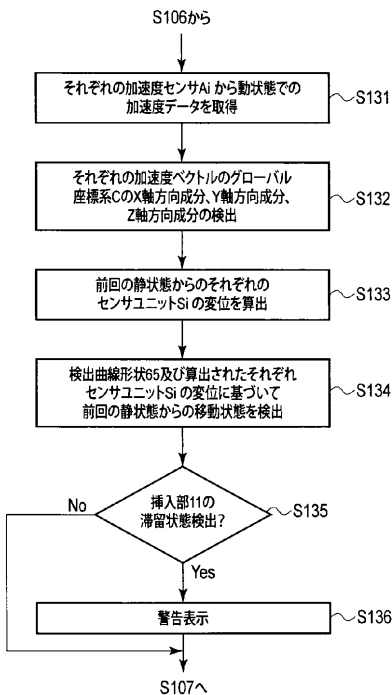
【図 1 5】



【図 1 6】



【図 17】



【手続補正書】

【提出日】平成23年8月18日(2011.8.18)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

長手方向に互いに所定のセンサ間寸法だけ離れて複数のセンサユニットが配置される挿入部を備える内視鏡と、

前記センサユニットでの計測データに基づいて、それぞれの前記センサユニットの姿勢を検出する姿勢検出部と、

前記姿勢検出部で検出されたそれぞれの前記センサユニットの姿勢に基づいて、それぞれの前記センサユニットの間の形状を寸法が前記センサ間寸法に等しい直線状のリンクと仮定して、前記内視鏡の前記挿入部の検出線形形状を検出する線形形状検出部と、

それぞれの前記センサユニットの間の形状を弧長が前記センサ間寸法に等しい円弧と仮定して、前記線形形状検出部で検出された前記検出線形形状を曲線補間し、検出曲線形状を検出する曲線形状検出部と、

を具備する内視鏡形状検出装置。

【請求項2】

前記曲線形状検出部は、

それぞれの前記リンクごとに前記曲線補間を行い、それぞれの前記センサユニットの間の前記円弧を形成する曲線補間部と、

すべての前記リンクについて前記曲線補間を行う状態に前記曲線補間部を制御する補間

制御部と、

を備える請求項 1 の内視鏡形状検出装置。

【請求項 3】

前記曲線補間部は、

最も基端側又は最も先端側の前記センサユニットの中心を原点とするグローバル座標系において、前記曲線補間部により前記曲線補間を行う対象の前記リンクである補間対象リンクの前記グローバル座標の前記原点から近い側の端である第 1 の端点を通り、前記補間対象リンクに垂直な第 1 の補間法線と、前記補間対象リンクの前記グローバル座標の前記原点から遠い側の端である第 2 の端点を通り、前記補間対象リンクの前記グローバル座標の前記原点から遠い側に隣接する前記リンクである補間対象隣接リンクに垂直な第 2 の補間法線と、を形成する法線形成部と、

前記法線形成部で形成された前記第 1 の補間法線と前記第 2 の補間法線との交点、又は、前記第 1 の補間法線と前記第 2 の補間法線との距離が最小となる 2 点の中間点を算出し、前記交点又は前記中間点を前記円弧の中心として決定する中心決定部と、

半径が前記中心と前記補間対象リンクの前記第 1 の端点との間の距離と同一で、かつ、前記補間対象リンクの前記第 1 の端点を始点として前記円弧を形成する円弧形成部と、

を備える請求項 2 の内視鏡形状検出装置。

【請求項 4】

前記曲線形状検出部は、前記曲線補間部により形成されたそれぞれの前記円弧を、隣接する前記円弧との円弧境界が連続する状態に平行移動し、前記円弧の位置を補正する円弧位置補正部を備える請求項 2 の内視鏡形状検出装置。

【請求項 5】

前記曲線補間部は、最も基端側又は最も先端側の前記センサユニットの中心を原点とするグローバル座標系において、前記グローバル座標系の前記原点から近い側の前記リンクから順に前記曲線補間を行い、前記円弧を形成する補間順次実施部であり、

前記曲線形状検出部は、前記補間順次実施部により 1 つの前記リンクの前記曲線補間が行われるたびに、曲線補間が行われていない前記リンクである未補間リンクから構成される補間未完了部を前記曲線補間により形成される前記円弧から構成される補間完了部と境界が連続する状態に平行移動し、前記補間未完了部の位置を補正する未補間リンク位置補正部を備える請求項 2 の内視鏡形状検出装置。

【請求項 6】

それぞれの前記センサユニットは、

前記センサユニットの中心を原点とし、X 軸、Y 軸、Z 軸のいずれか 1 つの軸が前記センサユニットの前記中心での前記内視鏡の長手方向と軸方向が一致する長手方向軸であるローカル座標系において、前記ローカル座標系の前記原点での加速度の 3 つの軸方向成分を計測する加速度センサと、

前記ローカル座標系において、前記ローカル座標系の前記原点での地磁気の 3 つの軸方向成分を計測する地磁気センサと、

を備える請求項 1 の内視鏡形状検出装置。

【請求項 7】

前記姿勢検出部は、最も基端側又は最も先端側の前記センサユニットの中心を原点とし、X 軸、Y 軸、Z 軸のいずれか 1 つの軸が鉛直方向と軸方向が一致する鉛直方向軸であり、前記鉛直方向軸以外の 2 つの軸が水平面上に配置される水平方向軸であるグローバル座標系を基準として、それぞれの前記センサユニットの前記ローカル座標系の前記鉛直方向軸回り及びそれぞれの前記水平方向軸回りの回転角である 3 つの姿勢角を算出する姿勢角算出部を備える請求項 6 の内視鏡形状検出装置。

【請求項 8】

前記姿勢角算出部は、

前記加速度センサで計測された加速度データに基づいて、それぞれの前記センサユニットの前記ローカル座標系の前記グローバル座標系からのそれぞれの前記水平方向軸回りの

2つの前記姿勢角を算出する第1の角度算出部と、

前記地磁気センサで計測された地磁気データに基づいて、それぞれの前記センサユニットの前記ローカル座標系の前記グローバル座標系からの前記鉛直方向軸回りの前記姿勢角を算出する第2の角度算出部と、

を備える請求項7の内視鏡形状検出装置。

【請求項9】

内視鏡の挿入部に長手方向に互いに所定のセンサ間寸法だけ離れて配置される複数のセンサユニットにより計測を行うことと、

前記センサユニットでの計測データに基づいて、それぞれの前記センサユニットの姿勢を姿勢検出部により検出することと、

前記姿勢検出部により検出されたそれぞれの前記センサユニットの姿勢に基づいて、それぞれの前記センサユニットの間の形状を寸法が前記センサ間寸法に等しい直線状のリンクと仮定して、前記内視鏡の前記挿入部の検出線形形状を線形形状検出部により検出することと、

それぞれの前記センサユニットの間の形状を弧長が前記センサ間寸法に等しい円弧と仮定して、前記線形形状検出部で検出された前記検出線形形状を曲線補間し、曲線形状検出部により検出曲線形状を形成することと、

を具備する内視鏡の挿入部の形状検出方法。

【請求項10】

前記検出線形形状を曲線補間し、前記曲線形状検出部により検出曲線形状を形成することとは、

それぞれの前記リンクごとに前記曲線補間を行い、それぞれの前記センサユニットの間の前記円弧を前記曲線形状検出部の曲線補間部により形成することと、

前記曲線補間部によりすべての前記リンクについて前記曲線補間が行われる状態に前記曲線形状検出部の補間制御部により制御することと、

を備える請求項9の内視鏡の挿入部の形状検出方法。

【請求項11】

前記曲線補間部によりそれぞれの前記リンクごとに前記曲線補間を行うことは、

最も基端側又は最も先端側の前記センサユニットの中心を原点とするグローバル座標系において、前記曲線補間部により前記曲線補間を行う対象の前記リンクである補間対象リンクの前記グローバル座標の前記原点から近い側の端である第1の端点を通り、前記補間対象リンクに垂直な第1の補間法線と、前記補間対象リンクの前記グローバル座標の前記原点から遠い側の端である第2の端点を通り、前記補間対象リンクの前記グローバル座標の前記原点から遠い側に隣接する前記リンクである補間対象隣接リンクに垂直な第2の補間法線と、を前記曲線補間部の法線形成部により形成することと、

前記法線形成部により形成された前記第1の補間法線と前記第2の補間法線との交点、又は、前記第1の補間法線と前記第2の補間法線との距離が最小となる2点の中間点を算出し、前記交点又は前記中間点を前記円弧の中心として前記曲線補間部の中心決定部により決定することと、

半径が前記中心と前記補間対象リンクの前記第1の端点との間の距離と同一で、かつ、前記補間対象リンクの第1の端点を始点として前記曲線補間部の円弧形成部により前記円弧を形成することと、

を備える請求項10の内視鏡の挿入部の形状検出方法。

【請求項12】

前記曲線形状検出部により前記検出線形形状を曲線補間し、検出曲線形状を形成することとは、前記曲線補間部によりそれぞれの前記リンクごとに前記曲線補間を行うことにより形成されたそれぞれの前記円弧を、隣接する前記円弧との円弧境界が連続する状態に平行移動し、前記円弧の位置を前記曲線形状検出部の円弧位置補正部により補正することを備える請求項10の内視鏡の挿入部の形状検出方法。

【請求項13】

前記曲線補間部によりそれぞれの前記リンクごとに前記曲線補間を行うことは、最も基端側又は最も先端側の前記センサユニットの中心を原点とするグローバル座標系において、前記グローバル座標系の前記原点から近い側の前記リンクから順に前記曲線補間を行い、前記円弧を前記曲線補間部となる補間順次実施部により形成することを備え、

前記曲線形状検出部により前記検出線形形状を曲線補間し、検出曲線形状を形成することは、前記補間順次実施部により1つの前記リンクの前記曲線補間が行われるたびに、前記曲線補間が行われていない前記リンクである未補間リンクから構成される補間未完了部を前記曲線補間により形成される前記円弧から構成される補間完了部と境界が連続する状態に平行移動し、前記補間未完了部の位置を前記曲線形状検出部の未補間リンク位置補正部により補正することを備える請求項10の内視鏡の挿入部の形状検出方法。

【請求項14】

それぞれの前記センサユニットで計測を行うことは、

それぞれの前記センサユニットが備える加速度センサにより、前記センサユニットの中心を原点とし、X軸、Y軸、Z軸のいずれか1つの軸が前記センサユニットの前記中心での前記内視鏡の長手方向と軸方向が一致する長手方向軸であるローカル座標系において、前記原点での加速度の3つの軸方向成分を計測することと、

それぞれの前記センサユニットが備える地磁気センサにより、前記ローカル座標系において、前記原点での地磁気の3つの軸方向成分を計測することと、

を備える請求項9の内視鏡の挿入部の形状検出方法。

【請求項15】

前記姿勢検出部によりそれぞれの前記センサユニットの姿勢を検出することは、最も基端側又は最も先端側の前記センサユニットの中心を原点とし、X軸、Y軸、Z軸のいずれか1つの軸が鉛直方向と軸方向が一致する鉛直方向軸であり、前記鉛直方向軸以外の2つの軸が水平面上に配置される水平方向軸であるグローバル座標系を基準として、それぞれの前記センサユニットの前記ローカル座標系の、前記鉛直方向軸回り及びそれぞれの前記水平方向軸回りの回転角である3つの姿勢角を前記姿勢検出部の姿勢角算出部により算出することを備える請求項14の内視鏡の挿入部の形状検出方法。

【請求項16】

前記姿勢角算出部により前記鉛直方向軸回り及びそれぞれの前記水平方向軸回りの3つの姿勢角を算出することは、

前記加速度センサで計測された加速度データに基づいて、それぞれの前記センサユニットの前記ローカル座標系の前記グローバル座標系からのそれぞれの前記水平方向軸回りの2つの前記姿勢角を前記姿勢角算出部の第1の角度算出部により算出することと、

前記地磁気センサで計測された地磁気データに基づいて、それぞれの前記センサユニットの前記ローカル座標系の前記グローバル座標系からの前記鉛直方向軸回りの前記姿勢角を前記姿勢角算出部の第2の角度算出部により算出することと、

を備える請求項15の内視鏡の挿入部の形状検出方法。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0011

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0011】

また、本発明の別のある態様では、内視鏡の挿入部に長手方向に互いに所定のセンサ間寸法だけ離れて配置される複数のセンサユニットにより計測を行うことと、前記センサユニットでの計測データに基づいて、それぞれの前記センサユニットの姿勢を姿勢検出部により検出することと、前記姿勢検出部により検出されたそれぞれの前記センサユニットの姿勢に基づいて、それぞれの前記センサユニットの間の形状を寸法が前記センサ間寸法に等しい直線状のリンクと仮定して、前記内視鏡の前記挿入部の検出線形形状を線形形状検出部により検出することと、それぞれの前記センサユニットの間の形状を弧長が前記センサ

間寸法に等しい円弧と仮定して、前記線形形状検出部で検出された前記検出線形形状を曲線補間し、曲線形状検出部により検出曲線形状を形成することと、を備える内視鏡の挿入部の形状検出方法を提供する。

【手続補正書】

【提出日】平成23年11月16日(2011.11.16)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

長手方向に互いに所定のセンサ間寸法だけ離れて複数のセンサユニットが配置される挿入部を備える内視鏡と、

前記センサユニットでの計測データに基づいて、それぞれの前記センサユニットの姿勢を検出する姿勢検出部と、

前記姿勢検出部で検出されたそれぞれの前記センサユニットの姿勢に基づいて、それぞれの前記センサユニットの間の形状を寸法が前記センサ間寸法に等しい直線状のリンクと仮定して、前記内視鏡の前記挿入部の検出線形形状を検出する線形形状検出部と、

それぞれの前記センサユニットの間の形状を弧長が前記センサ間寸法に等しい円弧と仮定して、前記線形形状検出部で検出された前記検出線形形状を曲線補間し、検出曲線形状を検出する曲線形状検出部と、

を具備する内視鏡形状検出装置。

【請求項 2】

前記曲線形状検出部は、

それぞれの前記リンクごとに前記曲線補間を行い、それぞれの前記センサユニットの間の前記円弧を形成する曲線補間部と、

すべての前記リンクについて前記曲線補間を行う状態に前記曲線補間部を制御する補間制御部と、

を備える請求項 1 の内視鏡形状検出装置。

【請求項 3】

前記曲線補間部は、

最も基端側又は最も先端側の前記センサユニットの中心を原点とするグローバル座標系において、前記曲線補間部により前記曲線補間を行う対象の前記リンクである補間対象リンクの前記グローバル座標の前記原点から近い側の端である第 1 の端点を通り、前記補間対象リンクに垂直な第 1 の補間法線と、前記補間対象リンクの前記グローバル座標の前記原点から遠い側の端である第 2 の端点を通り、前記補間対象リンクの前記グローバル座標の前記原点から遠い側に隣接する前記リンクである補間対象隣接リンクに垂直な第 2 の補間法線と、を形成する法線形成部と、

前記法線形成部で形成された前記第 1 の補間法線と前記第 2 の補間法線との交点、又は、前記第 1 の補間法線と前記第 2 の補間法線との距離が最小となる 2 点の中間点を算出し、前記交点又は前記中間点を前記円弧の中心として決定する中心決定部と、

半径が前記中心と前記補間対象リンクの前記第 1 の端点との間の距離と同一で、かつ、前記補間対象リンクの前記第 1 の端点を始点として前記円弧を形成する円弧形成部と、

を備える請求項 2 の内視鏡形状検出装置。

【請求項 4】

前記曲線形状検出部は、前記曲線補間部により形成されたそれぞれの前記円弧を、隣接する前記円弧との円弧境界が連続する状態に平行移動し、前記円弧の位置を補正する円弧位置補正部を備える請求項 2 の内視鏡形状検出装置。

【請求項 5】

前記曲線補間部は、最も基端側又は最も先端側の前記センサユニットの中心を原点とするグローバル座標系において、前記グローバル座標系の前記原点から近い側の前記リンクから順に前記曲線補間を行い、前記円弧を形成する補間順次実施部であり、

前記曲線形状検出部は、前記補間順次実施部により1つの前記リンクの前記曲線補間が行われるたびに、曲線補間が行われていない前記リンクである未補間リンクから構成される補間未完了部を前記曲線補間により形成される前記円弧から構成される補間完了部と境界が連続する状態に平行移動し、前記補間未完了部の位置を補正する未補間リンク位置補正部を備える請求項2の内視鏡形状検出装置。

【請求項6】

それぞれの前記センサユニットは、

前記センサユニットの中心を原点とし、X軸、Y軸、Z軸のいずれか1つの軸が前記センサユニットの前記中心での前記内視鏡の長手方向と軸方向が一致する長手方向軸であるローカル座標系において、前記ローカル座標系の前記原点での加速度の3つの軸方向成分を計測する加速度センサと、

前記ローカル座標系において、前記ローカル座標系の前記原点での地磁気の3つの軸方向成分を計測する地磁気センサと、

を備える請求項1の内視鏡形状検出装置。

【請求項7】

前記姿勢検出部は、最も基端側又は最も先端側の前記センサユニットの中心を原点とし、X軸、Y軸、Z軸のいずれか1つの軸が鉛直方向と軸方向が一致する鉛直方向軸であり、前記鉛直方向軸以外の2つの軸が水平面上に配置される水平方向軸であるグローバル座標系を基準として、それぞれの前記センサユニットの前記ローカル座標系の前記鉛直方向軸回り及びそれぞれの前記水平方向軸回りの回転角である3つの姿勢角を算出する姿勢角算出部を備える請求項6の内視鏡形状検出装置。

【請求項8】

前記姿勢角算出部は、

前記加速度センサで計測された加速度データに基づいて、それぞれの前記センサユニットの前記ローカル座標系の前記グローバル座標系からのそれぞれの前記水平方向軸回りの2つの前記姿勢角を算出する第1の角度算出部と、

前記地磁気センサで計測された地磁気データに基づいて、それぞれの前記センサユニットの前記ローカル座標系の前記グローバル座標系からの前記鉛直方向軸回りの前記姿勢角を算出する第2の角度算出部と、

を備える請求項7の内視鏡形状検出装置。

【請求項9】

内視鏡の挿入部に長手方向に互いに所定のセンサ間寸法だけ離れて配置される複数のセンサユニットが計測を行うことと、

前記センサユニットでの計測データに基づいて、それぞれの前記センサユニットの姿勢を姿勢検出部が検出することと、

前記姿勢検出部が検出したそれぞれの前記センサユニットの姿勢に基づいて、それぞれの前記センサユニットの間の形状を寸法が前記センサ間寸法に等しい直線状のリンクと仮定して、前記内視鏡の前記挿入部の検出線形形状を線形形状検出部が検出することと、

それぞれの前記センサユニットの間の形状を弧長が前記センサ間寸法に等しい円弧と仮定して、曲線形状検出部が、前記線形形状検出部が検出した前記検出線形形状を曲線補間し、検出曲線形状を形成することと、

を具備する内視鏡の挿入部の形状検出方法。

【請求項10】

前記検出線形形状を曲線補間し、前記曲線形状検出部が検出曲線形状を形成することは、
前記曲線形状検出部の曲線補間部が、それぞれの前記リンクごとに前記曲線補間を行い、それぞれの前記センサユニットの間の前記円弧を形成することと、

前記曲線補間部がすべての前記リンクについて前記曲線補間を行う状態に、前記曲線形状検出部の補間制御部が制御することと、

を備える請求項 9 の内視鏡の挿入部の形状検出方法。

【請求項 1 1】

前記曲線補間部がそれぞれの前記リンクごとに前記曲線補間を行うことは、

最も基端側又は最も先端側の前記センサユニットの中心を原点とするグローバル座標系において、前記曲線補間部により前記曲線補間を行う対象の前記リンクである補間対象リンクの前記グローバル座標の前記原点から近い側の端である第 1 の端点を通り、前記補間対象リンクに垂直な第 1 の補間法線と、前記補間対象リンクの前記グローバル座標の前記原点から遠い側の端である第 2 の端点を通り、前記補間対象リンクの前記グローバル座標の前記原点から遠い側に隣接する前記リンクである補間対象隣接リンクに垂直な第 2 の補間法線と、を前記曲線補間部の法線形成部が形成することと、

前記曲線補間部の中心決定部が、前記法線形成部が形成した前記第 1 の補間法線と前記第 2 の補間法線との交点、又は、前記第 1 の補間法線と前記第 2 の補間法線との距離が最小となる 2 点の中間点を算出し、前記交点又は前記中間点を前記円弧の中心として決定することと、

半径が前記中心と前記補間対象リンクの前記第 1 の端点との間の距離と同一で、かつ、前記補間対象リンクの第 1 の端点を始点として前記曲線補間部の円弧形成部が前記円弧を形成することと、

を備える請求項 10 の内視鏡の挿入部の形状検出方法。

【請求項 1 2】

前記曲線形状検出部が前記検出線形形状を曲線補間し、検出曲線形状を形成することは、前記曲線形状検出部の円弧位置補正部が、前記曲線補間部がそれぞれの前記リンクごとに前記曲線補間を行うことにより形成したそれぞれの前記円弧を、隣接する前記円弧との円弧境界が連続する状態に平行移動し、前記円弧の位置を補正することを備える請求項 10 の内視鏡の挿入部の形状検出方法。

【請求項 1 3】

前記曲線補間部がそれぞれの前記リンクごとに前記曲線補間を行うことは、最も基端側又は最も先端側の前記センサユニットの中心を原点とするグローバル座標系において、前記曲線補間部となる補間順次実施部が、前記グローバル座標系の前記原点から近い側の前記リンクから順に前記曲線補間を行い、前記円弧を形成することを備え、

前記曲線形状検出部が前記検出線形形状を曲線補間し、検出曲線形状を形成することは、前記曲線形状検出部の未補間リンク位置補正部が、前記補間順次実施部が 1 つの前記リンクの前記曲線補間が行うたびに、前記曲線補間が行われていない前記リンクである未補間リンクから構成される補間未完了部を前記曲線補間により形成される前記円弧から構成される補間完了部と境界が連続する状態に平行移動し、前記補間未完了部の位置を補正することを備える請求項 10 の内視鏡の挿入部の形状検出方法。

【請求項 1 4】

それぞれの前記センサユニットが計測を行うことは、

それぞれの前記センサユニットが備える加速度センサが、前記センサユニットの中心を原点とし、X 軸、Y 軸、Z 軸のいずれか 1 つの軸が前記センサユニットの前記中心での前記内視鏡の長手方向と軸方向が一致する長手方向軸であるローカル座標系において、前記原点での加速度の 3 つの軸方向成分を計測することと、

それぞれの前記センサユニットが備える地磁気センサが、前記ローカル座標系において、前記原点での地磁気の 3 つの軸方向成分を計測することと、

を備える請求項 9 の内視鏡の挿入部の形状検出方法。

【請求項 1 5】

前記姿勢検出部がそれぞれの前記センサユニットの姿勢を検出することは、最も基端側又は最も先端側の前記センサユニットの中心を原点とし、X 軸、Y 軸、Z 軸のいずれか 1 つの軸が鉛直方向と軸方向が一致する鉛直方向軸であり、前記鉛直方向軸以外の 2 つの軸

が水平面上に配置される水平方向軸であるグローバル座標系を基準として、それぞれの前記センサユニットの前記ローカル座標系の、前記鉛直方向軸回り及びそれぞれの前記水平方向軸回りの回転角である3つの姿勢角を前記姿勢検出部の姿勢角算出部が算出することを備える請求項14の内視鏡の挿入部の形状検出方法。

【請求項16】

前記姿勢角算出部が前記鉛直方向軸回り及びそれぞれの前記水平方向軸回りの3つの姿勢角を算出することは、

前記加速度センサが計測した加速度データに基づいて、それぞれの前記センサユニットの前記ローカル座標系の前記グローバル座標系からのそれぞれの前記水平方向軸回りの2つの前記姿勢角を前記姿勢角算出部の第1の角度算出部が算出することと、

前記地磁気センサが計測した地磁気データに基づいて、それぞれの前記センサユニットの前記ローカル座標系の前記グローバル座標系からの前記鉛直方向軸回りの前記姿勢角を前記姿勢角算出部の第2の角度算出部が算出することと、

を備える請求項15の内視鏡の挿入部の形状検出方法。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0011

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0011】

また、本発明の別のある態様では、内視鏡の挿入部に長手方向に互いに所定のセンサ間寸法だけ離れて配置される複数のセンサユニットが計測を行うことと、前記センサユニットでの計測データに基づいて、それぞれの前記センサユニットの姿勢を姿勢検出部が検出することと、前記姿勢検出部が検出したそれぞれの前記センサユニットの姿勢に基づいて、それぞれの前記センサユニットの間の形状を寸法が前記センサ間寸法に等しい直線状のリンクと仮定して、前記内視鏡の前記挿入部の検出線形形状を線形形状検出部が検出することと、それぞれの前記センサユニットの間の形状を弧長が前記センサ間寸法に等しい円弧と仮定して、曲線形状検出部が、前記線形形状検出部が検出した前記検出線形形状を曲線補間し、検出曲線形状を形成することと、を備える内視鏡の挿入部の形状検出方法を提供する。

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/059637

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	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

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 11-19027 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 26 January 1999 (26.01.1999), paragraphs [0020] to [0032]; fig. 5 (Family: none)	1-8
A	JP 2007-130154 A (Pentax Corp.), 31 May 2007 (31.05.2007), paragraph [0035]; fig. 6, 7 & US 2007/0106114 A1 & DE 102006052886 A	1-8
A	JP 2010-104426 A (Olympus Medical Systems Corp.), 13 May 2010 (13.05.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1-8

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

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 May, 2011 (17.05.11)

Date of mailing of the international search report

31 May, 2011 (31.05.11)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/059637

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

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

1. ☒ Claims Nos.: 9 - 16
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
Since the inventions in claims 9 - 16 are considered to be concerned with method which is executed in a state where an endoscope is inserted and held in the human body, said inventions pertain to "method for treatment of the human body by surgery", (continued to extra sheet)
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

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

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

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/059637

Continuation of Box No.II-1 of continuation of first sheet(2)

and thus relate to a subject matter on which this International Searching Authority is not required to carry out an international search under the provision of PCT Rule 39.1(iv).

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP2011/059637	
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 1971-2011年 日本国実用新案登録公報 1996-2011年 日本国登録実用新案公報 1994-2011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 11-19027 A（オリンパス光学工業株式会社）1999.01.26, 段落【0020】－【0032】、第5図（ファミリーなし）	1-8	
A	JP 2007-130154 A（ペンタックス株式会社）2007.05.31, 段落【0035】、第6, 7図 & US 2007/0106114 A1 & DE 102006052886 A	1-8	
A	JP 2010-104426 A（オリンパスメディカルシステムズ株式会社） 2010.05.13, 全文、全図（ファミリーなし）	1-8	
☐ 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 17.05.2011		国際調査報告の発送日 31.05.2011	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/JP） 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） 松谷 洋平 電話番号 03-3581-1101 内線 3292	2Q 3410

国際調査報告

国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 1 / 0 5 9 6 3 7

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT規則17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☒ 請求項 9-16 は、この国際調査機関が調査することを要しない対象に係るものである。
つまり、
請求項9-16に係る発明は、内視鏡を人体内に挿入して維持した状態で行われる方法であると認められるので、[手術による人体の処置方法に関するもの]であって、PCT規則39.1(iv)の規定により、国際調査を行うことを要しない対象に係るものである。
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査を行うことができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

様式PCT/ISA/210（第1ページの続葉（2））（2009年7月）

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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

(74)代理人 100095441

弁理士 白根 俊郎

(74)代理人 100084618

弁理士 村松 貞男

(74)代理人 100103034

弁理士 野河 信久

(74)代理人 100119976

弁理士 幸長 保次郎

(74)代理人 100153051

弁理士 河野 直樹

(74)代理人 100140176

弁理士 砂川 克

(74)代理人 100158805

弁理士 井関 守三

(74)代理人 100124394

弁理士 佐藤 立志

(74)代理人 100112807

弁理士 岡田 貴志

(74)代理人 100111073

弁理士 堀内 美保子

(74)代理人 100134290

弁理士 竹内 将訓

(72)発明者 平川 克己

日本国東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オリンパスメディカルシステムズ株式会社内

Fターム(参考) 4C161 CC06 HH55 JJ17 LL02

(注) この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。

专利名称(译)	内窥镜形状检测装置和用于检测内窥镜的插入部分的形状的方法		
公开(公告)号	JPWO2011152141A1	公开(公告)日	2013-07-25
申请号	JP2011535736	申请日	2011-04-19
[标]申请(专利权)人(译)	奥林巴斯医疗株式会社		
申请(专利权)人(译)	オリンパスメディカルシステムズ株式会社		
[标]发明人	平川克己		
发明人	平川 克己		
IPC分类号	A61B1/00		
CPC分类号	A61B1/00147		
FI分类号	A61B1/00.320.Z		
F-TERM分类号	4C161/CC06 4C161/HH55 4C161/JJ17 4C161/LL02		
代理人(译)	河野 哲 中村 诚 河野直树 冈田 隆		
优先权	2010125154 2010-05-31 JP		
其他公开文献	JP4897121B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

内窥镜形状检测装置(1)是基于传感器单元(S我)的测量数据来检测各传感器单元(S我)的姿势的姿势检测单元(30)。并且,基于由方位检测单元(30)检测到的每个传感器单元(S我)的方位,传感器单元(S我)之间的形状假设线性链接(TJ)等于空间尺寸(l),则线性形状检测单元用于检测内窥镜(10)的插入部分(11)的检测线性形状(61)。(40),并提供。另外,在内窥镜形状检测装置(1)中,将各传感器单元(S我)之间的形状设为圆弧长度等于传感器间尺寸(l)的圆弧(LJ)。线性形状检测单元(40)具有用于通过对检测出的线性形状(61)进行曲线插值来检测出检测到的曲线形状(65、81)的曲线形状检测单元(50、70)。

【図3】

