

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-2445

(P2016-2445A)

(43) 公開日 平成28年1月12日(2016.1.12)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
A 6 1 B 17/34 (2006.01)	A 6 1 B 17/34	4 C 1 6 0
A 6 1 B 1/00 (2006.01)	A 6 1 B 1/00 3 0 0 G	4 C 1 6 1
	A 6 1 B 1/00 3 0 0 D	

審査請求 未請求 請求項の数 7 書面 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2014-139101 (P2014-139101)	(71) 出願人	501264987
(22) 出願日	平成26年6月18日 (2014. 6. 18)		株式会社システム・ジェーピー
			静岡県浜松市南区飯田町 1 5 7 - 2
		(71) 出願人	514171027
			安藤 岳洋
			神奈川県川崎市幸区小倉 5 - 1 - 5 5 ポ
			ヌール青山 3 0 1
		(71) 出願人	510097747
			国立研究開発法人国立がん研究センター
			東京都中央区築地五丁目 1 番 1 号
		(72) 発明者	美和 高光
			静岡県浜松市南区飯田町 1 5 7 - 2 株式
			会社システム・ジェーピー内

最終頁に続く

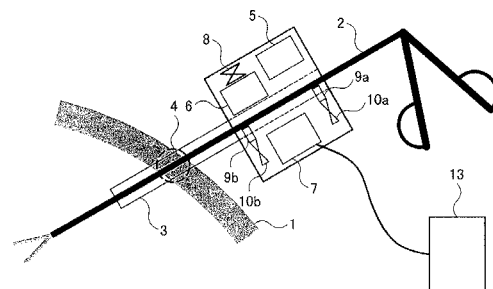
(54) 【発明の名称】 手術器具位置姿勢計測装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 慣性センサと変位計側センサを用い、手術器具の高精度な 3 次元位置姿勢計測を目的とする手術器具位置姿勢計測装置を提供する。

【解決手段】 内視鏡下外科手術に用いられる中空管 3 に慣性センサ 5 と変位計測センサ 6 を組み込み、体内への刺入点 4 での拘束条件を用いて中空管を通して挿入された術具 2 の基準とする座標系に変換することにより、術具の位置姿勢を計算する。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

内視鏡外科手術に使用される手術器具の 3 次元位置姿勢を計測する装置において、
体壁に開けられた穴より挿入して手術器具を体腔内に誘導するための中空管と、
前記中空管に取り付けられた前記手術器具の挿入深さおよび回転角を計測する変位計測センサと、
前記中空管に取り付けられた前記中空管の姿勢を計測する慣性センサと、
前記変位計測センサおよび前記慣性センサの情報を処理して外部機器へ出力するための演算装置と、
前記演算装置から出力される情報を取得および処理する外部演算装置と、
前記変位計測センサおよび前記慣性センサの情報を基に前記演算装置を用いて前記手術器具の 3 次元位置姿勢を計算するためのソフトウェアと、
を具備することを特徴とする手術器具位置姿勢計測装置。

10

【請求項 2】

内視鏡外科手術に使用される手術器具の 3 次元位置姿勢を計測する装置において、
体壁に開けられた穴より挿入して手術器具を体腔内に誘導するための中空管と、
前記中空管に取り付けられた前記手術器具の挿入深さを計測する変位計測センサと、
前記手術器具に取り付けられた前記手術器具の姿勢を計測する慣性センサと、
前記変位計測センサおよび前記慣性センサの情報を処理して外部機器へ出力するための演算装置と、
前記演算装置から出力される情報を取得および処理する外部演算装置と、
前記変位計測センサおよび前記慣性センサの情報を基に前記手術器具の 3 次元位置姿勢を計算するためのソフトウェアと、
を具備することを特徴とする手術器具位置姿勢計測装置。

20

【請求項 3】

請求項 2 に記載の慣性センサは、着脱を繰り返した際にも前記慣性センサと前記手術器具の取り付け姿勢および位置を一致させるための、前記手術器具の特徴的構造に合致する前記慣性センサを覆う剛体を具備すること、
を特徴とする請求項 2 に記載の手術器具位置姿勢計測装置。

30

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のいずれかに記載の手術器具位置姿勢計測装置において、
前記変位センサ、前記慣性センサ、前記演算装置のうち少なくともいずれか一つの電力をまかなうための電力源と、
前記変位センサまたは前記慣性センサの少なくともいずれかの情報を無線で伝送するための無線伝送装置と、
を具備することを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の手術器具位置姿勢計測装置。

30

【請求項 5】

前記中空管は、挿入された前記手術器具の太さが異なっても前記変位計測センサによって計測が可能となるように、前記変位計測センサと前記手術器具の相対位置を調節する機構と、
さらに挿入された前記手術器具の姿勢と前記中空管の姿勢が一致するようにガイド機構と、
を具備することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれかに記載の手術器具位置姿勢計測装置。

40

【請求項 6】

前記ソフトウェアは、前記中空管が体壁の刺入点で回転中心となる運動に拘束されることを利用し、加速度を 2 回積分することなく前記変位計測センサおよび前記慣性センサの情報から前記手術器具の 3 次元位置姿勢を計算する、
ことを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれかに記載の手術器具位置姿勢計測装置。

50

【請求項 7】

前記ソフトウェアは、少なくともその処理の一部を前記演算装置または前記外部演算装置のいずれかで行う、

ことを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれかに記載の手術器具位置姿勢計測装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、内視鏡下外科手術に用いる手術器具の位置姿勢を計測する装置に関する。

【背景技術】

【0002】

手術ナビゲーションや手術ロボットの位置姿勢を計測する方法として、光学式位置計測装置（NDI 社，Polaris 等）、磁気式位置計測装置（NDI 社，Aurora 等）、機械式位置計測装置（Mitsuyo 社，SpinArm-Apex 等）が用いられている。光学式位置計測装置は 2 台のカメラにより、画像から得られる視差情報を元にしてマーカーの 3 次元的な位置姿勢を計測する。磁気式位置計測装置は、人為的に発生させた磁場の中に計測用コイルを置き、そのコイルで発生する誘導起電力を計測することにより位置姿勢を計測する。機械式位置計測装置は、剛体で構成されたリンク間の角度をエンコーダ等により計測することにより位置姿勢を計測する。

【0003】

一方で、航空宇宙および自動車の分野では慣性センサによる位置姿勢の推定も行われている。一般的な慣性センサは加速度センサ、ジャイロ（角速度）センサ、地磁気センサで構成されており、加速度を 2 回積分することにより位置を、角速度を積分することにより角度を、地磁気により基準となる方向を求めている。手術機器の分野では、慣性センサ単体ではなく、上記に挙げた位置計測装置等と情報を統合し、精度を向上する技術もある。

【0004】

【非特許文献 1】Ren, Hongliang and Kazanzides, Peter “Hybrid attitude estimation for laparoscopic surgical tools: A preliminary study” Engineering in Medicine and Biology Society, Annual International Conference of the IEEE, pp. 5583–5586, 2009

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

従来の光学式位置計測装置では、計測装置から計測対象が見える位置になれば計測が行えない。そのため、術者や助手は絶えず計測装置とマーカーの位置を気にかけながら手術しなければならない。また、計測範囲も限られているため、計測装置の設置の自由度も低い。

【0006】

磁気式位置計測装置では、磁性体や金属に大きく影響を受けて精度が大幅に低下する。通常、手術機器の多くは金属でできているため、実際の外科手術で磁気式位置計測装置を使用して術具の高精度な位置姿勢計測を行うことは難しい。また、計測範囲も限られているため、計測装置の設置の自由度も低い。

【0007】

機械式位置計測装置では、リンク間の角度をエンコーダ等により計測するため、計測の自由度が低く、機器自体が大きくなる。また、計測範囲も限られているため、計測装置の設置の自由度も低い。

【0008】

慣性センサを用いた位置姿勢の計測装置では、計測範囲等の制限はないが、位置を求めるためには積分を 2 回する必要があることから、実用的な位置計測精度に達しない。また

10

20

30

40

50

、光学式、磁気式、機械式と組み合わせて使用する場合は、それぞれの計測手法が持つ課題は解決されない。

【0009】

本発明は、上記の位置計測装置の課題を解決するものであり、光学的な障害物の影響を受けず、金属や磁性体の影響も受けず、通常使用されている手術器具内部に組み込めるほど小さく、計測範囲の制限が無い手術器具位置姿勢計測装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明は、体壁に開けられた穴より挿入して手術器具を体腔内に誘導するための中空管と、前記中空管に取り付けられた前記手術器具の挿入深さおよび回転角を計測する変位計測センサと、前記中空管または前記手術器具に取り付けられた前記中空管または前記手術器具の姿勢を計測する慣性センサと、前記変位計測センサおよび前記慣性センサの情報を処理して外部機器へ出力するための演算装置と、前記演算装置から出力される情報を取得および処理する外部演算装置と、前記変位計測センサおよび前記慣性センサの情報を基に前記演算装置を用いて前記手術器具の3次元位置姿勢を計算するためのソフトウェアと、を具備することを特徴とする手術器具位置姿勢計測装置である。

【0011】

ここで中空管とは一般的に内視鏡外科手術に用いられるトロッカー等を指す。慣性センサは、少なくとも加速度センサおよびジャイロセンサの両方を有し、それらに加えて地磁気センサを有するものでもよい。変位計測センサは2つの物体の相対的な2次元変位を計測するものである。情報処理装置および外部情報処理装置には一般的なマイクロコンピュータ等が使用できる。

【0012】

中空管を通して挿入された手術器具の運動は、体壁の刺入点における回転の3自由度と挿入方向の並進1自由度の計4自由度に拘束される。この拘束条件の下で、手術器具に取り付けられた慣性センサにより回転の3自由度を、中空管に取り付けられた変位計測センサにより並進の1自由度を計測することにより、手術器具の加速度を2回積分することを避け、高精度な位置姿勢の計測を可能にする。

【0013】

また、中空管に慣性センサが取り付けられた場合は、並進と挿入軸回りの2自由度を変位計測センサで、残りの回転2自由度を慣性センサで計測することにより、同様に加速度を2回積分することを避け、高精度な手術器具の位置姿勢の計測を可能にする。

【発明の効果】

【0014】

本発明は慣性センサと変位計測センサを用いた位置計測手法であるため、光学的な障害物や磁性体の影響を受けない。また、基準となる位置から機械的に連結された装置ではないため、設置の自由度が高く、計測範囲の制限が無い。さらに、体壁の刺入点での拘束条件を用いた計算手法により、加速度を2回積分することを避けて位置姿勢の計算が可能となり、従来の慣性センサのみを用いた位置姿勢計測装置よりも高精度の計測を可能にする。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

図1を用いて本発明の第1の実施形態を説明する。図1の中空管3には変位計測センサ6および慣性センサ5が固定されている。また、手術器具2と中空管3の間のがたつきを無くすためのガイド位置調節機構10a、10bと、中空管3の姿勢と手術器具2の挿入方向を一致させるためのガイド機構9a、9bが設けられている。

【0016】

変位計測センサ6は、光学式マウスに使用されている変位センサ、各種磁気式または光学式エンコーダ等、直行する2方向の変位を計測できる手段であれば任意のものを使用できる。変位計測センサ6によって適切に計測が可能となるように、変位計測センサ位置調

10

20

30

40

50

節機構 8 によって調節することもできる。

【0017】

変位計測センサ 6 の持つ座標系の座標軸のいずれかが手術器具 2 の挿入方向と一致するように固定されているため、中空管 3 に手術器具 2 が挿入されると、変位計測センサ 6 によって手術器具 2 の挿入深さが計測可能となる。また、挿入軸回りの回転角は、挿入方向と直行する軸の変位を挿入された手術器具 2 の半径で割るなどして求められる。

【0018】

慣性センサ 5 は中空管 3 に対して任意の姿勢で固定されているため、手術器具 2 の挿入方向と慣性センサ 5 の座標系は必ずしも一致しない。そこで、慣性センサ 5 の座標系から見た時の手術器具 2 の挿入方向を知るため、装置作成時にキャリブレーションを行う。

10

【0019】

キャリブレーションはまず中空管 3 に手術器具 2 を挿入した状態で手術器具 2 を固定し、その状態での姿勢を慣性センサ 5 により計測する。次に、手術器具 2 を固定した状態で中空管 3 を任意の角度だけ回転させ、その状態の姿勢を慣性センサ 5 により計測する。この 2 つの姿勢間の回転行列を計算し、その回転行列の固有ベクトルを計算すれば、その固有ベクトルは手術器具 2 の挿入方向と平行な単位ベクトルとなる。

【0020】

上記キャリブレーションにより求めた手術器具 2 の挿入方向のベクトルと、慣性センサ 5 によって求まる重力方向のベクトルの外積を計算することによって、手術器具 2 の挿入方向と重力方向の両方に垂直なベクトルが求まる。さらに、このベクトルと手術器具 2 の挿入方向のベクトルの外積を計算することによって、中空管 3 の姿勢を規定する座標系が定義でき、各軸を表す単位ベクトルを並べたものは慣性センサ 5 の座標系から中空管 3 の座標系への回転行列となる。この中空管 3 の座標系への変換は、計測開始時の姿勢をもとに計算される。

20

【0021】

以上に示したように、変位計測センサ 6 から挿入深さと手術器具 2 の回転角が、慣性センサ 5 から中空管 3 の姿勢が計測される。ガイドにより中空管 3 の姿勢と手術器具 2 の挿入方向は平行になるように拘束されていることから、手術器具 2 の挿入方向回りの回転を除き、中空管 3 の姿勢と手術器具 2 の姿勢は一致することとなる。

【0022】

ここで、体壁 1 に刺入された中空管 3 は、刺入点 4 を回転中心とする 3 自由度に拘束されている。この拘束条件を用いることにより、挿入深さだけオフセットした後に中空管 3 の姿勢を表す回転行列を乗算すれば、手術器具 2 先端の位置と姿勢が計測可能となる。

30

【0023】

ただし挿入軸回りの回転は中空管 3 の姿勢を表す回転行列に含まれていないため、挿入時の回転角を 0° として、そこからの相対角を計測し、回転行列の形にして乗算すれば、挿入軸回りの回転を含む手術器具 2 の位置姿勢が計測可能となる。

【0024】

上記の処理を、情報処理装置 7 もしくは外部情報処理装置 13 内で行う。処理は、情報処理装置 7 内で全て行っても、外部情報処理装置 13 内で全て行ってもよく、また、処理の一部だけを情報処理装置 7 もしくは外部情報処理装置 13 で行ってもよい。

40

【0025】

次に、図 2 を用いて本発明の第 2 の実施形態を説明する。第 2 の実施形態では、慣性センサ 5 は手術器具 2 に取り付けられる。この場合も慣性センサ 5 は手術器具 2 に対して任意の姿勢で固定されるが、取り付け用の治具 5a により、繰り返し着脱しても手術器具 2 との位置と姿勢は一意に決まるように固定される。

【0026】

第 1 の実施形態と同様に、慣性センサ 5 の座標系から見た時の手術器具 2 の挿入方向を知るため、装置作成時にキャリブレーションを行う。V 字ブロック上に手術器具 2 を置き、そのときの姿勢情報を慣性センサ 5 から取得する。次に手術器具 2 を挿入軸回りに任意

50

の角度だけ回転させ、再び姿勢情報を取得する。この2つの姿勢間の回転行列を計算し、その回転行列の固有ベクトルを計算すれば、その固有ベクトルは手術器具2の挿入方向と平行な単位ベクトルとなる。

【0027】

次に、残りの2つの座標軸を設定したい方向とV字ブロックの底面とが平行となるように手術器具2を置き、その際の姿勢情報を慣性センサ5から取得する。次に、V字ブロックと手術器具2が相対的に動かないように固定しながら、平らな面上でV字ブロックごと手術器具2を任意の角度だけ回転させ、再び姿勢情報を取得する。

【0028】

この2つの姿勢間の回転行列を計算し、その回転行列の固有ベクトルを計算すれば、その固有ベクトルは設定したい手術器具2の座標軸と平行になる。さらに先ほど求めた挿入方向のベクトルと外積を計算することにより、残りの1軸の方向が算出できる。各軸を表す単位ベクトルを並べたものは慣性センサ5の座標系から手術器具2の座標系への回転行列となる。

【0029】

変位計測センサ6を含む中空管3の構造は第一の実施形態と同様である。第二の実施形態では、変移計測センサ6は挿入深さの計測のみに使用される。

【0030】

以上の計測により、手術器具2の姿勢と挿入深さが計測された。ここで、体壁1に刺入された中空管3は、刺入点4を回転中心とする3自由度に拘束されている。この拘束条件を用いることにより、挿入深さ分だけオフセットさせた後に慣性センサ5によって求めた回転行列を乗算することにより、手術器具2先端の位置姿勢に変換することが可能となる。

【0031】

上記の処理を、情報処理装置7もしくは外部情報処理装置13内で行う。処理は、情報処理装置7内で全て行っても、外部情報処理装置13内で全て行ってもよく、また、処理の一部だけを情報処理装置7もしくは外部情報処理装置13で行ってもよい。

【0032】

第3および第4の実施形態を図3および図4を用いて説明する。第3の実施形態は、第1の実施形態の、第4の実施形態は第2の実施形態の情報伝送を無線で行うものである。第1または第2の実施形態で使用する装置に加え、情報処理装置7と外部情報処理装置13の間の情報伝送を行うための無線伝送装置11a, 11bが組み込まれる。無線伝送装置11a, 11bはBluetooth, wifi等、いかなる無線通信の手段であってもよく、情報処理装置7内部に組み込まれてもよい。また、慣性センサ5、変位計測センサ6、情報処理装置7、無線伝送装置11aに電力を供給するためのバッテリー12を含む。その他の構成、処理方法については第1または第2の実施形態と同等のため省略する。

【0033】

なお、図4では慣性センサ5と情報処理装置7は有線で接続されているが、慣性センサ5を駆動するためのバッテリーと情報を無線で伝送するための無線伝送ユニットを別途設けることも可能である。

【図面の簡単な説明】

【0034】

【図1】本発明の第1の実施形態でのシステム構成を表す図。

【図2】本発明の第2の実施形態でのシステム構成を表す図。

【図3】本発明の第3の実施形態でのシステム構成を表す図。

【図4】本発明の第4の実施形態でのシステム構成を表す図。

【符号の説明】

【0035】

1 体壁

10

20

30

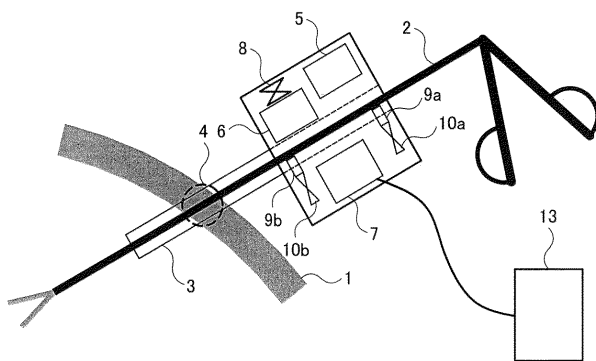
40

50

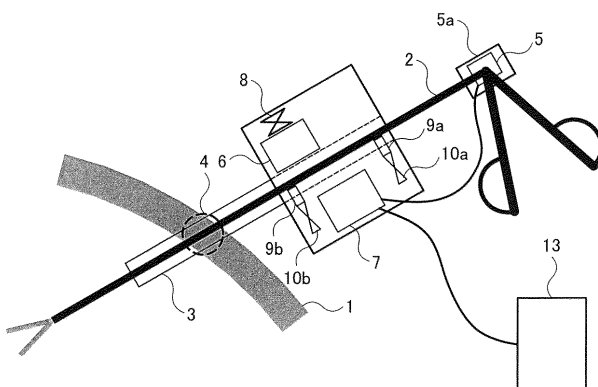
- 2 手術器具
- 3 中空管
- 4 刺入点
- 5 慣性センサ
- 6 変位計測センサ
- 7 情報処理装置
- 8 変位計測センサ位置調節機構
- 9 a, 9 b ガイド機構
- 10 a, 10 b ガイド位置調節機構
- 11 a, 11 b 無線伝送装置
- 12 バッテリー
- 13 外部情報処理装置

10

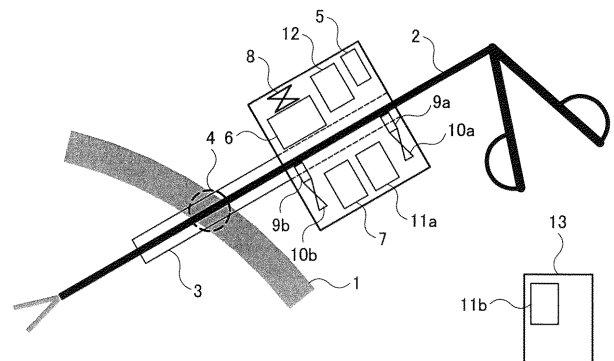
【図 1】



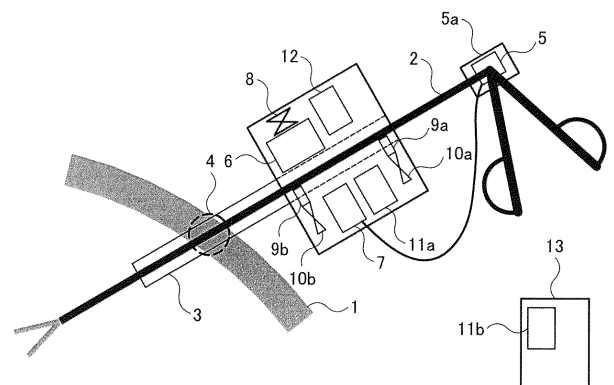
【図 2】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

(72)発明者 安藤 岳洋

神奈川県川崎市幸区小倉 5-1-55 ボヌール青山 301

(72)発明者 伊藤 雅昭

千葉県柏市柏の葉六丁目 5 番 1 号 独立行政法人国立がん研究センター東病院内

(72)発明者 西澤 祐吏

千葉県柏市柏の葉六丁目 5 番 1 号 独立行政法人国立がん研究センター東病院内

Fターム(参考) 4C160 FF45 FF56

4C161 GG22 HH21 HH51 HH56 JJ06 JJ11 JJ17

专利名称(译)	手术器具位置姿势计测装置		
公开(公告)号	JP2016002445A	公开(公告)日	2016-01-12
申请号	JP2014139101	申请日	2014-06-18
[标]申请(专利权)人(译)	系统周杰伦撒尿 安藤 岳洋 NAT癌症CENT		
申请(专利权)人(译)	有限公司系统Jepi 安藤 岳洋 国家研究与发展研究所国家癌症研究中心		
[标]发明人	美和高光 安藤岳洋 伊藤雅昭 西澤祐吏		
发明人	美和 高光 安藤 岳洋 伊藤 雅昭 西澤 祐吏		
IPC分类号	A61B17/34 A61B1/00		
FI分类号	A61B17/34 A61B1/00.300.G A61B1/00.300.D A61B1/00.T A61B1/00.550 A61B1/00.552 A61B1/00.620 A61B1/00.682		
F-TERM分类号	4C160/FF45 4C160/FF56 4C161/GG22 4C161/HH21 4C161/HH51 4C161/HH56 4C161/JJ06 4C161/JJ11 4C161/JJ17		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)	(21) 出願番号 (22) 出願日	特願2014-139101 (P2014-139101) 平成26年6月18日 (2014. 6. 18)	(71) 出願人 (71) 出願人 (71) 出願人 (72) 発明者	501264987 株式会社システム・ジェービー 静岡県浜松市南区飯田町157-2 514171027 安藤 岳洋 神奈川県川崎市幸区小倉5-1-55 ポ ヌール青山301 510097747 国立研究開発法人国立がん研究センター 東京都中央区築地五丁目1番1号 美和 高光 静岡県浜松市南区飯田町157-2 株式 会社システム・ジェービー内
要解决的问题：提供一种用于使用惯性传感器和位移传感器侧面传感器对外科手术器械进行高精度的三维位置/方位测量的外科器械位置/方位测量设备。 解决方案：惯性传感器5和位移测量传感器6装在用于内窥镜手术的空心管3中，惯性传感器5和位移测量传感器6在插入点4进入人体的约束条件下通过空心管插入。通过转换用作手术器械2的参考的坐标系来计算手术器械的位置和取向。 [选型图]图1				最終頁に続く