

(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
2013 年 2 月 7 日(07.02.2013)

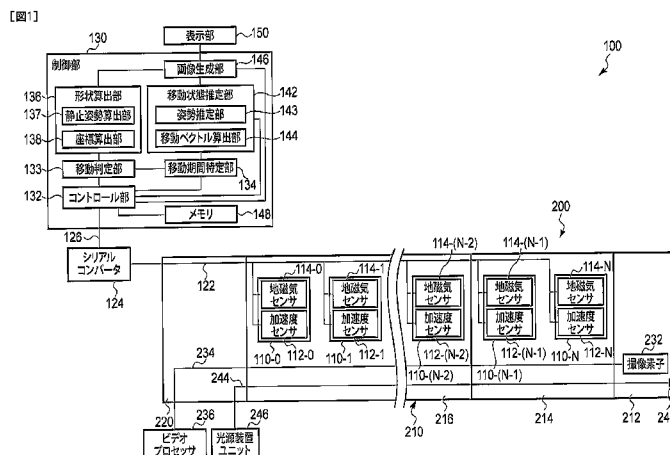


(10) 国際公開番号
WO 2013/018404 A1

- (51) 国際特許分類:
A61B 1/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/060368
- (22) 国際出願日: 2012 年 4 月 17 日(17.04.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-168607 2011 年 8 月 1 日(01.08.2011) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): オリ
ンパスメディカルシステムズ株式会社 (OLYMPUS
MEDICAL SYSTEMS CORP.) [JP/JP]; 〒
1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号
Tokyo (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 平川 克己
(HIRAKAWA, Katsumi) [JP/JP].
- (74) 代理人: 蔵田 昌俊, 外 (KURATA, Masatoshi et
al.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門 1 丁目 1 2 番 9
号 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, 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,
QA, RO, RS, RU, RW, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシ
ア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ユー
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, 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: INSERTION TUBE CONFIGURATION-DISPLAYING DEVICE

(54) 発明の名称: 挿入部形状表示装置



112... ACCELERATION SENSOR
114... GEOMAGNETIC SENSOR
124 SERIAL CONVERTER
130 MASTER CONTROL UNIT
132 CONTROL UNIT
133 MOVEMENT-DETERMINING UNIT
134 MOVEMENT PERIOD-SPECIFYING UNIT
136 CONFIGURATION-CALCULATING UNIT
137 STATIONARY POSITION-CALCULATING UNIT

138 COORDINATE-CALCULATING UNIT
142 MOVEMENT STATUS-ESTIMATING UNIT
143 POSITION-ESTIMATING UNIT
144 MOVEMENT VECTOR-CALCULATING UNIT
146 IMAGE-GENERATING UNIT
148 MEMORY
150 DISPLAY UNIT
232 IMAGE PICKUP DEVICE
236 VIDEO PROCESSOR
246 LIGHT SOURCE UNIT

(57) Abstract: The insertion tube configuration-displaying device (100) has an insertion tube (210) that changes configuration, and a position-acquiring unit (110) that acquires the acceleration and positional information relating to the position of multiple measurement points of the insertion tube (210). The insertion tube configuration-displaying device (100) comprises a configuration-calculating unit (136), a movement-determining unit (133), a movement period-specifying unit (134), a position-estimating unit (143), and an image-generating unit (146). The configuration-calculating unit (136) calculates the position of each measurement point and relative positions with respect to other measurement points on the basis of the positional information. The movement period-specifying unit (134) specifies the movement period in which the measurement points are moving based on the determination results of the movement-determining unit (133). The position-estimating unit (143) estimates the position of each measurement point in the movement period. The movement vector-calculating unit (144) calculates the movement vectors of the measurement points in the movement period. The image-generating unit (146) generates a display

image that represents the relative positions and movement vectors.

(57) 要約:

[続葉有]



挿入部形状表示装置（１００）は、変形する挿入部（２１０）と、挿入部（２１０）の複数の計測点の加速度と姿勢に関する姿勢情報とを取得する姿勢取得部（１１０）とを有する。挿入部形状表示装置（１００）は、形状算出部（１３６）と、移動判定部（１３３）と、移動期間特定部（１３４）と、姿勢推定部（１４３）と、画像生成部（１４６）とを含む。形状算出部（１３６）は、姿勢情報に基づいて、各計測点の姿勢と他の計測点に対する相対的位置とを算出する。移動期間特定部（１３４）は、移動判定部（１３３）の判定結果に基づいて計測点が移動している移動期間を特定する。姿勢推定部（１４３）は、移動期間における各計測点の姿勢を推定する。移動ベクトル算出部（１４４）は、移動期間における計測点の移動ベクトルを算出する。画像生成部（１４６）は、相対的位置と移動ベクトルとを表す表示画像を生成する。

明 細 書

発明の名称：挿入部形状表示装置

技術分野

[0001] 本発明は、挿入部形状表示装置に関する。

背景技術

[0002] 一般に、慣性センサ等を用いて物体の姿勢や移動を検出する方法が知られている。このような方法によれば、変形する物体にセンサを複数配置することにより、静止状態でその物体の形状を推定することが可能である。

[0003] 例えば、日本国特開２００７－１５１８６２号公報には、加速度センサが配置された内視鏡に係る技術が開示されている。この内視鏡では、加速度センサの出力に基づいて、加速度センサが配置された部分の姿勢が検出される。また、加速度センサの出力を積分することにより、加速度センサが配置された部分の変位量が検出される。

[0004] また、日本国特開２０１１－０５９０２０号公報には、三次元姿勢推定装置に係る技術が開示されている。この三次元姿勢推定装置は、加速度センサと、三次元姿勢角度を推定する姿勢角度推定部とを有している。日本国特開２０１１－０５９０２０号公報には、姿勢角度推定部によって推定された姿勢角度に基づいて、加速度センサが検出した加速度から重力加速度成分を除去することで、移動による加速度を精度よく計測する技術が開示されている。

発明の概要

[0005] 日本国特開２０１１－０５９０２０号公報のように、姿勢に応じて重力加速度成分を除去した加速度を用いても、特許文献１のように加速度を積分して、加速度センサが配置された部分の位置及び姿勢を算出すると、加速度センサの出力に含まれる誤差が累積する。このため、求まる物体の形状について誤差が大きくなる。したがって、上記のようにして求まった物体の形状を表示すると、表示される形状は、当然誤差が大きなものとなる。

[0006] そこで本発明は、累積誤差の影響を低減した、変形する挿入部の形状を検出してそれを表示する挿入部形状表示装置を提供することを目的とする。

[0007] 前記目的を果たすため、本発明の挿入部形状表示装置の一態様は、変形する挿入部と、前記挿入部に固定された複数の計測点の各々に配置され、各々の該計測点に加わる加速度と静止状態における各々の該計測点の姿勢に関する姿勢情報とを取得する複数の姿勢取得部と、前記挿入部における各々の前記計測点の位置と各々の前記姿勢情報とに基づいて、各々の該計測点の姿勢と他の前記計測点に対する相対的位置とを算出する形状算出部と、前記加速度に基づいて前記計測点が移動しているか否かの判定を行う移動判定部と、前記判定に基づいて前記計測点が移動している移動期間を特定する移動期間特定部と、前記移動期間の前後の静止状態における各々の前記計測点の前記姿勢に基づいて、該移動期間における各々の該計測点の姿勢である移動期間姿勢を推定する姿勢推定部と、各々の前記移動期間姿勢によって補正した各々の前記加速度に基づいて、前記移動期間における各々の前記計測点の移動ベクトルを算出する移動ベクトル算出部と、各々の前記相対的位置と各々の前記移動ベクトルとを表す表示画像を生成する画像生成部と、前記表示画像を表示する表示部と、を具備することを特徴とする。

[0008] 本発明によれば、累積誤差の影響を低減した、変形する物体の形状を検出してそれを表示する挿入部形状表示装置を提供できる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]図1は、本発明の一実施形態に係る挿入部形状表示装置の構成例を示すブロック図である。

[図2]図2は、一実施形態に係る各種座標を説明するための図である。

[図3]図3は、一実施形態に係る挿入部形状表示装置の処理例を示すフローチャートである。

[図4]図4は、時間に対するセンサユニットの加速度の一例を示す図である。

[図5]図5は、一実施形態に係る挿入部形状表示装置の静止形状算出処理を示すフローチャートである。

[図6]図6は、挿入部の形状の算出を説明するための模式図である。

[図7]図7は、一実施形態に係る挿入部形状表示装置の移動状態推定処理を示すフローチャートである。

[図8]図8は、一実施形態に係る挿入部形状表示装置が表示部に表示する画像例を説明するための図である。

発明を実施するための形態

[0010] 本発明の一実施形態について図面を参照して説明する。本実施形態に係る挿入部形状表示装置の構成の概要を図1に示す。本実施形態では、挿入部形状表示装置を内視鏡の挿入部の形状を表示させるために適用する場合を例として示す。図1に示すように、挿入部形状表示装置100は、一般的な内視鏡200を用いて構成されている。

[0011] 内視鏡200は、体腔内に挿入される細長形状をした挿入部210と、挿入部210の基端側に設けられる操作部220とを備える。挿入部210は、最先端に設けられる先端硬性部212と、先端硬性部212の基端側に設けられる湾曲部214と、湾曲部214の基端側に設けられる細長い可撓管部216とを備える。

[0012] 先端硬性部212には、被写体の撮像を行うためのCCD等の撮像素子232が設けられている。撮像素子232には、撮像用信号線234の一端が接続されている。撮像用信号線234は、挿入部210の内部を通して、その他端は操作部220から内視鏡200の外部に延出されている。この撮像用信号線234の他端は、画像処理ユニットであるビデオプロセッサ236に接続されている。

[0013] また、先端硬性部212には、被写体に照明を照射するための照射窓242が設けられている。照射窓242には、ライトガイド244の一端が接続されている。ライトガイド244は、挿入部210の内部を通して、その他端は操作部220から内視鏡200の外部に延出されている。このライトガイド244の他端は、光源ユニット246に接続されている。

[0014] また、可撓管部216の内部には、図示しない4本の湾曲操作ワイヤが通

っている。この4本の湾曲操作ワイヤの一端は、挿入部210の湾曲部214の先端部に接続されている。湾曲操作ワイヤの他端は、操作部220に設けられた湾曲操作部である図示しない湾曲操作ノブに接続されている。湾曲操作ノブの操作により、湾曲操作ワイヤが長手方向に移動する。湾曲操作ワイヤの移動により、湾曲部214が上下左右の4方向に湾曲する。

[0015] 挿入部210には、その長軸に沿って、複数のセンサユニット110が設けられている。本実施形態では、センサユニット110の数は、 $N+1$ 個であるものとする。最も挿入部210の基端側に設けられた0番目から最先端の N 番目まで、順にセンサユニット110-0乃至センサユニット110-Nと称することにする。

[0016] 各センサユニット110- i ($i=0, 1, 2, \dots, N$) は、互いに長手方向に一定の間隔 l だけ離れた計測点に配置されている。間隔 l は、例えば50mmである。本実施形態では、各センサユニット110- i は一定の間隔 l で並んでいるものとするが、これに限らず、予め設定した互いに異なる間隔を有して並んでいてもよい。ここで、例えば最も基端側のセンサユニット110-0は可撓管部216の基端部に配置され、最も先端側のセンサユニット110-Nは湾曲部214の先端部に配置されている。

[0017] それぞれのセンサユニット110は、加速度を計測する加速度センサ112と、地磁気を計測する地磁気センサ114とを備える。ここで、センサユニット110- i が備えるセンサを、加速度センサ112- i 及び地磁気センサ114- i と称することにする。

[0018] 各センサユニット110- i の加速度センサ112- i 及び地磁気センサ114- i には、I2C等のシリアルバス122が接続されている。シリアルバス122は、挿入部210の内部を通して操作部220から内視鏡200の外部に延出されている。シリアルバス122の基端は、シリアルコンバータ124に接続されている。シリアルコンバータ124は、各センサユニット110- i からシリアルバス122を介して入力される計測データのシリアル信号を、例えばUSB信号に変換する。

[0019] シリアルコンバータ 124 には、USB ケーブル 126 の一端が接続されている。USB ケーブル 126 の他端は、制御部 130 に接続されている。制御部 130 には、各センサユニット 110-i で計測されたデータの USB 信号がシリアルコンバータ 124 から入力される。制御部 130 は、例えばパーソナルコンピュータであってもよいし、専用の計算機であってもよい。また、制御部 130 には、例えばディスプレイである表示部 150 が接続されている。

[0020] 制御部 130 は、コントロール部 132 と、移動判定部 133 と、移動期間特定部 134 と、形状算出部 136 と、移動状態推定部 142 と、画像生成部 146 と、メモリ 148 とを有する。コントロール部 132 は、制御部 130 の各部の動作を制御する。移動判定部 133 は、各センサユニット 110-i の加速度センサ 112-i から入力された加速度に基づいて、センサユニット 110 が移動状態にあるか否かを判定する。移動判定部 133 によってセンサユニット 110 が移動状態にあると判定されたら、移動期間特定部 134 は、センサユニット 110 が移動状態にある移動期間を特定する。

[0021] 形状算出部 136 は、静止状態における挿入部 210 の形状を算出するため、静止形状算出処理を実行する。形状算出部 136 は、静止姿勢算出部 137 と、座標算出部 138 とを有する。静止姿勢算出部 137 は、加速度センサ 112 及び地磁気センサ 114 の出力に基づいて、各センサユニット 110 の姿勢を算出する。座標算出部 138 は、静止姿勢算出部 137 が算出した各センサユニット 110 の姿勢に基づいて、各センサユニット 110 が位置する座標、すなわち、各センサユニット 110 の他の各センサユニット 110 に対する相対的位置を算出する。

[0022] 移動状態推定部 142 は、移動状態における挿入部 210 の状態を算出するため、移動状態算出処理を実行する。移動状態推定部 142 は、姿勢推定部 143 と、移動ベクトル算出部 144 とを有する。姿勢推定部 143 は、静止状態の各センサユニットの姿勢に基づいて、移動期間特定部 134 が特

定した移動期間の各時刻における各センサユニット 110 の姿勢を算出する。移動ベクトル算出部 144 は、姿勢推定部 143 が算出した各センサユニット 110 の姿勢に基づいて、各加速度センサ 112 の出力である加速度を補正する。移動ベクトル算出部 144 は、この補正した加速度に基づいて、移動状態における各センサユニット 110 の移動ベクトルを算出する。

[0023] 画像生成部 146 は、形状算出部 136 が算出した各センサユニット 110 の位置座標と、移動状態推定部 142 が算出した移動状態における各センサユニット 110 の移動ベクトルとに基づいて、それらを表示する画像を作成する。画像生成部 146 は、作成した画像を表示部 150 に表示させる。メモリ 148 は、各センサユニット 110 の出力や、各部の計算結果を記憶する。また、メモリ 148 には、処理に必要な各種プログラム等が記憶されている。表示部 150 は、画像生成部 146 の指示に基づいて、画像を表示する。

[0024] このように、例えば挿入部 210 は、変形する挿入部として機能する。例えばセンサユニット 110 は、計測点に加わる加速度と静止状態における各々の計測点の姿勢に関する姿勢情報とを取得する姿勢取得部として機能する。例えば形状算出部 136 は、挿入部における各々の計測点の位置と各々の姿勢情報とに基づいて、各々の計測点の姿勢と他の計測点に対する相対的位置とを算出する形状算出部として機能する。例えば移動判定部 133 は、加速度に基づいて、計測点が移動しているか否かを判定する移動判定部として機能する。例えば移動期間特定部 134 は、前記判定に基づいて、計測点が移動している移動期間を特定する移動期間特定部として機能する。例えば姿勢推定部 143 は、移動期間の前後の静止状態における各々の計測点の姿勢に基づいて、移動期間における各々の計測点の姿勢である移動期間姿勢を推定する姿勢推定部として機能する。例えば移動ベクトル算出部 144 は、各々の移動期間姿勢によって補正した各々の加速度に基づいて、移動期間における各々の計測点の移動ベクトルを算出する移動ベクトル算出部として機能する。例えば画像生成部 146 は、各々の相対的位置と各々の移動ベクトル

とを表す表示画像を生成する画像生成部として機能する。例えば表示部 150 は、表示画像を表示する表示部として機能する。

[0025] ここで、本実施形態で用いる座標系について、図 2 を参照して説明する。図 2 には、内視鏡 200 の挿入部 210 が示されている。本実施形態では、最も基端側のセンサユニット 110-0 の中心を原点とし、 X_G 軸、 Y_G 軸、 Z_G 軸を有する右手系の直交デカルト座標系であるグローバル座標系 C_G が定義されている。グローバル座標系 C_G の各座標軸は、図 3 において実線で示されている。ここで、 X_G 軸は、重力が作用する鉛直方向に垂直な所定方向である。本実施形態では、 X_G 軸を図 2 中の矢印 D1, D2 に平行とし、矢印 D1 の方向を正とする。これに限定されないが、本実施形態ではグローバル座標系 C_G の X_G 軸正方向を磁北方向とする。 Y_G 軸は、鉛直方向に垂直、かつ、 X_G 軸方向に垂直とする。本実施形態では、 Y_G 軸は図 2 中の矢印 E1, E2 に平行とし、矢印 E1 の方向を正とする。 Z_G 軸は、鉛直方向とし、鉛直上方向を正とする。このグローバル座標系 C_G は、鉛直方向及び磁北方向に対して回転はしないが、挿入部 210 の移動に伴って平行移動する。

[0026] また、図 2 に示すように、各センサユニット 110-i には、センサユニット 110-i の中心を原点とし、 X_{B_i} 軸、 Y_{B_i} 軸、 Z_{B_i} 軸を有する右手系の直交デカルト座標系であるローカル座標系 C_{B_i} が定義されている。各ローカル座標系 C_{B_i} の各座標軸は、図 2 において破線で示されている。ここで、 X_{B_i} 軸は、内視鏡 200 に定義された左右方向と一致し、基端側から先端側をみた際の内視鏡 200 の右方向を正とする軸である。 Y_{B_i} 軸は、内視鏡 200 の長手方向と一致し、先端方向を正とする軸である。 Z_{B_i} 軸は、内視鏡 200 に定義された上下方向と一致し、内視鏡 200 の上方向を正とする軸である。

[0027] 各ローカル座標系 C_{B_i} は、グローバル座標系 C_G に対して原点が平行移動している。さらに、各ローカル座標系 C_{B_i} は、グローバル座標系 C_G に対して、 X_G 軸回りに α_i 、 Y_G 軸回りに β_i 、 Z_G 軸回りに γ_i それぞれ回転している。ここで、 α_i をピッチ角、 β_i をロール角、 γ_i をヨー角と称する。また、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_G 軸、 Y_G 軸、 Z_G 軸の負の方向から見て時計回りを正とする。

[0028] 各加速度センサ112-iは、ローカル座標系 C_{B_i} の原点における加速度の X_{B_i} 軸方向成分、 Y_{B_i} 軸方向成分、及び Z_{B_i} 軸方向成分を計測する。また、各地磁気センサ114-iは、ローカル座標系 C_{B_i} の原点における地磁気の X_{B_i} 軸方向成分、 Y_{B_i} 軸方向成分、 Z_{B_i} 軸方向成分を計測する。各加速度センサ112-i及び地磁気センサ114-iに基づいて姿勢角 α_i 、 β_i 、 γ_i の値を算出することで、センサユニット110-iの姿勢は検出される。

[0029] 次に本実施形態に係る挿入部形状表示装置100の動作を説明する。制御部130による処理のフローチャートを図3に示す。ステップS101において、制御部130のコントロール部132は、各センサユニット110-iからデータを取得する。このデータには、各加速度センサ112-iの出力と、地磁気センサ114-iの出力とが含まれる。図3に示す本処理は、挿入部形状表示装置100の動作が終了するまで繰り返されるループ処理である。したがって、コントロール部132は、定期的に各センサユニット110-iからデータを取得する。取得されたデータは、メモリ148に記憶される。

[0030] ステップS102において、制御部130の移動判定部133は、何れかの加速度センサ112の出力について、前回取得した値と今回取得した値との差が、所定の閾値よりも大きいか否かを判定する。全ての加速度センサ112の出力に係る差が所定の閾値以下であるとき、挿入部210は静止していると考えられる。この状態を静止状態と称することにする。また、何れかの加速度センサ112の出力に係る差が所定の閾値より大きいとき、挿入部210は移動していると考えられる。この状態を移動状態と称することにする。この判定において、全ての加速度センサ112の出力に係る差が所定の閾値以下であるとき、すなわち静止状態のとき、処理はステップS103に移る。

[0031] 本実施形態の説明では、例として図4に示すような状況を考える。この図は、加速度センサ112の出力の代表値を模式的に示す。この図に示すように、時刻 t_1 までの期間において、加速度センサ112の出力が所定の閾値以下、すなわち、静止状態であるとする。時刻 t_1 から時刻 t_4 までの期間において、加速度センサ112の出力が所定の閾値より大きい移動状態であるとする。時刻 t_4 以降において、加速度センサ112の出力が所定の閾値以下、すなわち、静止状態であるとする。例えば時刻 $t < t_1$ のときや時刻 $t > t_4$ のとき、処理はステップS103に移る。

[0032] ステップS103において、制御部130の形状算出部136は、静止形状算出処理を実行する。静止形状算出処理を図5に示すフローチャートを参照して説明する。ステップS201において形状算出部136内の静止姿勢算出部137は、各加速度センサ112-iの出力に基づいて、ピッチ角 α_i 及びロール角 β_i を算出する。ピッチ角 α_i 及びロール角 β_i の算出方法を説明する。

[0033] 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_G からローカル座標系 C_{Bi} への回転行列は、下記式（1）で表される。

[数1]

$$\begin{aligned}
 C_{Bi}^G &= R_Z R_X R_Y \\
 &= \begin{bmatrix} \cos \gamma_i & -\sin \gamma_i & 0 \\ \sin \gamma_i & \cos \gamma_i & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha_i & -\sin \alpha_i \\ 0 & \sin \alpha_i & \cos \alpha_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \beta_i & 0 & \sin \beta_i \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \beta_i & 0 & \cos \beta_i \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} -\sin \gamma_i \cdot \sin \alpha_i \cdot \sin \beta_i + \cos \beta_i \cdot \cos \gamma_i & -\sin \gamma_i \cdot \cos \alpha_i & \sin \gamma_i \cdot \sin \alpha_i \cdot \cos \beta_i + \sin \beta_i \cdot \cos \gamma_i \\ \cos \gamma_i \cdot \sin \alpha_i \cdot \sin \beta_i + \cos \beta_i \cdot \sin \gamma_i & \cos \gamma_i \cdot \cos \alpha_i & -\cos \gamma_i \cdot \sin \alpha_i \cdot \cos \beta_i + \sin \beta_i \cdot \sin \gamma_i \\ -\cos \alpha_i \cdot \sin \beta_i & \sin \alpha_i & \cos \alpha_i \cdot \cos \beta_i \end{bmatrix}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

[0034] 挿入部210が静止している静止状態では、加速度は重力加速度のみが鉛直方向の下方向に作用している。したがって、静止状態では、グローバル座標系 C_G における加速度ベクトル a_{Gth} の X_G 軸方向成分、 Y_G 軸方向成分、 Z_G 軸方向成分は、次式（2）で表すことができる。

[数2]

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

[0035] 時刻 t における各加速度センサ $1 \ 1 \ 2 \dots i$ で計測される加速度ベクトル $\mathbf{a}_{obsi}^t$ 、すなわち、加速度のローカル座標系 C_{Bi} における X_{Bi} 軸方向成分、 Y_{Bi} 軸方向成分、 Z_{Bi} 軸方向成分を、次式 (3) で表すことにする。

[数3]

$$\mathbf{a}_{obsi}^t = \begin{bmatrix} a_{Bi\_X}^t & a_{Bi\_Y}^t & a_{Bi\_Z}^t \end{bmatrix}^T \quad (3)$$

[0036] このとき、ローカル座標系 C_{Bi} はグローバル座標系 C_G をヨー角 γ_i 、ピッチ角 α_i 、ロール角 β_i の順に回転させた座標系であるので、ローカル座標系 C_{Bi} で観測される加速度ベクトル $\mathbf{a}_{obsi}^t$ は、次式 (4) で表される。

[数4]

$$\mathbf{a}_{obsi}^t = \begin{bmatrix} a_{Bi\_X}^t \\ a_{Bi\_Y}^t \\ a_{Bi\_Z}^t \end{bmatrix} = (\mathbf{C}_{Bi}^G)^T \mathbf{a}_{Gth} = -g \begin{bmatrix} -\cos\alpha_i^t \cdot \sin\beta_i^t \\ \sin\alpha_i^t \\ \cos\alpha_i^t \cdot \cos\beta_i^t \end{bmatrix} \quad (4)$$

[0037] ここで、式 (4) の第1式の2乗と式 (4) の第3式の2乗との和をとると、次式 (5) が得られる。

[数5]

$$g \cos\alpha_i^t = \sqrt{a_{Bi\_X}^t{}^2 + a_{Bi\_Z}^t{}^2} \quad (5)$$

[0038] 式 (4) の第2式を式 (5) で割ることにより、次式 (6) が得られる。

[数6]

$$\alpha_i^t = \tan^{-1} \left(\frac{-a_{Bi\_Y}^t}{\sqrt{a_{Bi\_X}^t{}^2 + a_{Bi\_Z}^t{}^2}} \right) \quad (6)$$

[0039] このようにして各ローカル座標系 C_{Bi} の各時刻 t におけるピッチ角 α^t_i が求まる。

[0040] また、式 (4) の第 1 式を式 (4) の第 3 式で割ることにより、次式 (7) が得られる。

[数7]

$$\beta^t_i = \tan^{-1} \left(\frac{-a^t_{Bi\_X}}{a^t_{Bi\_Z}} \right) \quad (7)$$

[0041] このようにして各ローカル座標系 C_{Bi} の各時刻 t におけるロール角 β^t_i が求まる。

[0042] 以上のようにして、各時刻 t について各加速度センサ 112-i による計測データに基づいて、各センサユニット 110-i の、すなわち各ローカル座標系 C_{Bi} の、ピッチ角 α^t_i 及びロール角 β^t_i が算出される。

[0043] 図 5 に戻って説明を続ける。ステップ S202 において、静止姿勢算出部 137 は、地磁気センサ 114 の出力に基づいてヨー角 γ^t_i を算出する。ヨー角 γ^t_i の算出方法について説明する。地磁気センサ 114-i で計測される時刻 t における地磁気ベクトル m^t_{obsi} 、すなわち、各地磁気のローカル座標系 C_{Bi} における X_{Bi} 軸方向成分、 Y_{Bi} 軸方向成分、 Z_{Bi} 軸方向成分を、次式 (8) で表すことにする。

[数8]

$$m^t_{obsi} = \begin{bmatrix} M^t_{Bi\_X} & M^t_{Bi\_Y} & M^t_{Bi\_Z} \end{bmatrix}^T \quad (8)$$

[0044] ここで、式 (8) で表される各地磁気センサ 114-i の出力について、式 (6) 及び (7) のように求まった各ピッチ角 α^t_i 及び各ロール角 β^t_i を用いて、グローバル座標系 C_G の X_G 軸回り及び Y_G 軸回りに回転させて補正した地磁気 m^t_{th} を次式 (9) によって算出する。

[数9]

$$\begin{aligned}
\mathbf{m}_{th}^t &= \mathbf{R}_{X_i} \mathbf{R}_{Y_i} \mathbf{m}_{obsi}^t \\
&= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha_i^t & -\sin \alpha_i^t \\ 0 & \sin \alpha_i^t & \cos \alpha_i^t \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \beta_i^t & 0 & \sin \beta_i^t \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \beta_i^t & 0 & \cos \beta_i^t \end{bmatrix} \begin{bmatrix} M_{Bi\_X}^t \\ M_{Bi\_Y}^t \\ M_{Bi\_Z}^t \end{bmatrix} \\
&= \begin{bmatrix} \cos \beta_i^t & 0 & \sin \beta_i^t \\ \sin \alpha_i^t \sin \beta_i^t & \cos \alpha_i^t & -\sin \alpha_i^t \cos \beta_i^t \\ -\cos \alpha_i^t \sin \beta_i^t & \sin \alpha_i^t & \cos \alpha_i^t \cos \beta_i^t \end{bmatrix} \begin{bmatrix} M_{Bi\_X}^t \\ M_{Bi\_Y}^t \\ M_{Bi\_Z}^t \end{bmatrix} \quad (9)
\end{aligned}$$

[0045] このような上記式（９）で表される補正後の地磁気を次式（１０）のように表すことにする。

[数10]

$$\mathbf{m}_{th}^t = [E_{i\_X}^t \ E_{i\_Y}^t \ E_{i\_Z}^t]^T \quad (10)$$

[0046] 上記式（９）及び（１０）に示す地磁気を表す式において、地磁気センサ 114-i で計測される地磁気ベクトルの X_{Bi} 軸方向成分、 Y_{Bi} 軸方向成分、 Z_{Bi} 軸方向成分は、ピッチ角 α_i^t とロール角 β_i^t とが補正されているので、ヨー角 γ_i^t のみがグローバル座標系 C_G に対して回転していることになる。したがって、磁北に対してセンサユニット 110-i がなす角 $\theta_{base\_i}^t$ 、すなわちヨー角 γ_i^t は、式（１０）を用いて、次式（１１）で表すことができる。

[数11]

$$\gamma_i^t = \theta_{base\_i}^t = \tan^{-1}(E_{i\_Y}^t / E_{i\_X}^t) \quad (11)$$

[0047] ここで、式（９）及び（１０）より、次式（１２．１）及び（１２．２）が成り立つ。

[数12]

$$E_{i\_X}^t = M_{Bi\_X}^t \cos \beta_i^t + M_{Bi\_Z}^t \sin \beta_i^t \quad (12.1)$$

$$E_{i\_Y}^t = M_{Bi\_Y}^t \cos \alpha_i^t + \sin \alpha_i^t (M_{Bi\_X}^t \sin \beta_i^t - M_{Bi\_Z}^t \cos \beta_i^t) \quad (12.2)$$

[0048] なお、本実施形態では、グローバル座標系 C_G の X_G 軸方向が磁北方向と一致するように設定しているので磁北に対してセンサユニット $110-i$ がなす角 $\theta_{base\_i}^t$ がヨー角 γ_i^t と一致するが、グローバル座標系 C_G の X_G 軸方向が磁北方向と一致しない場合は、そのずれを補正する必要がある。この補正はなす角 $\theta_{base\_i}^t$ にそのずれを加減することで容易に行える。

[0049] 以上のようにして、形状算出部 136 の静止姿勢算出部 137 は、各加速度センサ $112-i$ 及び各地磁気センサ $114-i$ の出力に基づいて、各時刻 t における各センサユニット $110-i$ のピッチ角 α_i^t 、ロール角 β_i^t 、ヨー角 γ_i^t を求めることができる。

[0050] 図5に戻って説明を続ける。ステップ $S203$ において、形状算出部 136 内の座標算出部 138 は、各センサユニット $110-i$ の座標を算出する。各センサユニット $110-i$ の座標の算出方法について説明する。内視鏡 200 の挿入部 210 の形状の模式図を図6に示す。この図に示すように、挿入部 210 は、複数のリンク 310 が連なって形成されており、各リンクの接続部分にセンサユニット 110 が配置されていると考える。ここで、リンク $310-i$ の基端側にはセンサユニット $110-(i-1)$ が配置され、リンク $310-i$ の先端側にはセンサユニット $110-i$ が配置されているものとする。また、各リンク 310 の長さは、センサユニット 110 間の間隔 l とする。

[0051] このとき、センサユニット $110-(i-1)$ が配置されたリンク $310-i$ の基端がグローバル座標系 C_G の原点に位置すると仮定したとき、センサユニット $110-i$ が配置されたリンク $310-i$ の先端の座標 l_i^t は次式(13)を用いて、次式(14)で表される。

[数13]

$$\mathbf{e}_y = [0 \ 1 \ 0]^T \quad (13)$$

[数14]

$$\mathbf{l}_i^t = \mathbf{l} \cdot \mathbf{C}_{Bi}^G \cdot \mathbf{e}_y = \begin{bmatrix} -\sin \gamma_i^t \cdot \cos \alpha_i^t \\ \cos \gamma_i^t \cdot \cos \alpha_i^t \\ \sin \alpha_i^t \end{bmatrix} \quad (14)$$

[0052] グローバル座標系 C_G における各センサユニット $110-i$ の座標 S_i^t を次式 (15) と表すものとする。

[数15]

$$\mathbf{S}_i^t = [L_{Gi\_X}^t \ L_{Gi\_Y}^t \ L_{Gi\_Z}^t]^T \quad (15)$$

[0053] このとき、式 (14) を用いて、各センサユニット $110-i$ の座標 S_i^t は、次式 (16) で得られる。

[数16]

$$\mathbf{S}_i^t = \mathbf{S}_{i-1}^t + \mathbf{l}_i^t \quad (16)$$

[0054] すなわち、グローバル座標系 C_G の原点である基端側から順に、各センサユニット $110-i$ の座標 S_i^t を決定することができる。

[0055] 以上のようにして、形状算出部 136 は、各加速度センサ $112-i$ 及び各地磁気センサ $114-i$ の出力に基づいて、グローバル座標系 C_G に対する各センサユニット $110-i$ の位置及び姿勢を求めることができる。すなわち、形状算出部 136 は、内視鏡 200 の挿入部 210 の形状を求めることができる。その後、形状算出部 136 は、静止形状算出処理を終了し、各センサユニット $110-i$ の位置及び姿勢を戻り値として処理はステップ S103 に戻る。算出された各センサユニット $110-i$ の位置及び姿勢は、コントロール部 132 を介してメモリ 148 に記憶される。ステップ S103 の静止形状算出処理を終えたら、処理はステップ S110 に移る。

- [0056] ステップS 1 0 2の判定において、加速度の差分が閾値より大きいとき、すなわち移動状態にあるとき、処理はステップS 1 0 4に移る。ステップS 1 0 4において、移動判定部1 3 3は、加速度の差分が閾値より大きいかなかを判定する。加速度の差分が閾値より大きい間、すなわち挿入部2 1 0が移動状態にある間、移動判定部1 3 3は、ステップS 1 0 4の判定を繰り返す。ステップS 1 0 4の判定で、加速度の差分が閾値以下となったら、すなわち挿入部2 1 0が静止状態になったら、処理はステップS 1 0 5に移る。ステップS 1 0 5において、移動期間特定部1 3 4は、移動状態にある期間を移動期間として特定する。
- [0057] ステップS 1 0 6において、形状算出部1 3 6は、移動期間特定部1 3 4によって特定された移動期間直前及び直後の2つの静止状態について、静止形状算出処理を実行する。すなわち、移動期間直前及び直後の2つの静止状態のそれぞれについて、式(1)乃至(16)を参照して説明した静止形状算出処理によって、グローバル座標系 C_g における各センサユニット1 1 0 - iの位置及び姿勢を算出する。ここで、各時刻における各センサユニット1 1 0 - iから取得されたデータは、メモリ1 4 8に記憶されているので、これを読み出して用いることができる。また、移動期間直前の各センサユニット1 1 0 - iの位置及び姿勢は、既にステップS 1 0 3で算出され、メモリ1 4 8に記憶されているので、これを用いてもよい。また、静止形状算出処理によって算出された各センサユニット1 1 0 - iの位置及び姿勢は、メモリ1 4 8に記憶される。
- [0058] ステップS 1 0 7において、制御部1 3 0の移動状態推定部1 4 2は、移動状態推定処理を実行する。この移動状態推定処理は、移動状態の各時刻 t における各センサユニット1 1 0 - iの位置及び姿勢を推定し、移動状態における移動方向及び移動量を表す移動ベクトルを算出する処理である。この移動状態推定処理を図7に示すフローチャートを参照して説明する。
- [0059] ステップS 3 0 1において、移動状態推定部1 4 2内の姿勢推定部1 4 3は、移動状態の各時刻 t における各センサユニット1 1 0 - iの姿勢を推定

する。この姿勢の推定は、移動開始時である時刻 t_1 の姿勢と、移動終了時である時刻 t_4 の姿勢とに基づく。例えば、時刻 t_1 と時刻 t_4 との間の各時刻 t における姿勢を、線形補完によって求める。すなわち、移動状態における各センサユニット $110-i$ の姿勢は次式 (17) で求まる。

[数17]

$$\begin{aligned}\alpha_i^t &= \alpha_i^{t1} + \frac{t-t1}{t4-t1}(\alpha_i^{t4} - \alpha_i^{t1}) \\ \beta_i^t &= \beta_i^{t1} + \frac{t-t1}{t4-t1}(\beta_i^{t4} - \beta_i^{t1}) \\ \gamma_i^t &= \gamma_i^{t1} + \frac{t-t1}{t4-t1}(\gamma_i^{t4} - \gamma_i^{t1})\end{aligned}\quad (17)$$

[0060] なお、線形補完は一例であり、補完方法はこれに限定されない。

[0061] ステップ S302 において、移動状態推定部 142 内の移動ベクトル算出部 144 は、各加速度センサ $112-i$ の出力を、グローバル座標系 C_G における加速度に変換する。この変換は、式 (17) によって得られた移動状態の各時刻における各センサユニット 110 の姿勢に基づく。すなわち、グローバル座標系 C_G における加速度 a_{Gi}^t は、次式 (18) により求まる。

[数18]

$$\begin{aligned}a_{Gi}^t &= C_B^{Ga} a_{obsi}^t \\ &= \begin{bmatrix} -\sin\gamma_i^t \cdot \sin\alpha_i^t \cdot \sin\beta_i^t + \cos\beta_i^t \cdot \cos\gamma_i^t & -\sin\gamma_i^t \cdot \cos\alpha_i^t & \sin\gamma_i^t \cdot \sin\alpha_i^t \cdot \cos\beta_i^t + \sin\beta_i^t \cdot \cos\gamma_i^t \\ \cos\gamma_i^t \cdot \sin\alpha_i^t \cdot \sin\beta_i^t + \cos\beta_i^t \cdot \sin\gamma_i^t & \cos\gamma_i^t \cdot \cos\alpha_i^t & -\cos\gamma_i^t \cdot \sin\alpha_i^t \cdot \cos\beta_i^t + \sin\beta_i^t \cdot \sin\gamma_i^t \\ -\cos\alpha_i^t \cdot \sin\beta_i^t & \sin\alpha_i^t & \cos\alpha_i^t \cdot \cos\beta_i^t \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{Bi\_X}^t \\ a_{Bi\_Y}^t \\ a_{Bi\_Z}^t \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} a_{Gi\_X}^t \\ a_{Gi\_Y}^t \\ a_{Gi\_Z}^t \end{bmatrix}\end{aligned}\quad (18)$$

[0062] 式 (18) で表されるグローバル座標系 C_G における加速度 a_{Gi}^t から、重力加速度を減ずることで、各センサユニット $110-i$ の運動加速度が求まる。すなわち、各センサユニット $110-i$ の運動加速度 $a_{Gi\_m}^t$ は、次式 (19) で得られる。

[数19]

$$\begin{aligned}
 \mathbf{a}_{\text{Gi\_m}}^t &= \mathbf{a}_{\text{Gi}}^t - [0 \quad 0 \quad -g]^T \\
 &= \begin{bmatrix} a_{\text{Gi\_x}}^t \\ a_{\text{Gi\_y}}^t \\ a_{\text{Gi\_z}}^t - g \end{bmatrix}
 \end{aligned} \tag{19}$$

[0063] ステップS303において、移動ベクトル算出部144は、各センサユニット110-iの運動加速度 $\mathbf{a}_{\text{Gi\_m}}^t$ を2回積分することによって、移動ベクトルを求める。すなわち、移動状態にある各センサユニット110-iの移動ベクトル $\mathbf{d}_{\text{Gi}}$ は、次式(20)で得られる。

[数20]

$$\mathbf{d}_{\text{Gi}} = \sum_{t1}^{t4} \sum_{t1}^{t4} \mathbf{a}_{\text{Gi\_m}}^t = \begin{bmatrix} d_{\text{Gi\_x}} \\ d_{\text{Gi\_y}} \\ d_{\text{Gi\_z}} \end{bmatrix} \tag{20}$$

[0064] 以上のようにして、移動状態推定部142は、移動状態にある間の各センサユニット110-iの移動ベクトル $\mathbf{d}_{\text{Gi}}$ を求めることができる。移動状態推定部142は、移動状態推定処理を終了し、各センサユニット110-iの移動ベクトル $\mathbf{d}_{\text{Gi}}$ を戻り値として処理はステップS107に戻る。移動状態推定処理によって算出された各センサユニット110-iの移動ベクトル $\mathbf{d}_{\text{Gi}}$ は、コントロール部132を介してメモリ148に記憶される。

[0065] 図3に戻って説明を続ける。ステップS108において、画像生成部146は、表示部150に表示する移動ベクトルを表す矢印である表示ベクトルに係る画像上の座標を算出する。まず、表示ベクトルの大きさを、式(20)で得られる移動ベクトル $\mathbf{d}_{\text{Gi}}$ に適当な正の係数を掛けることで決定する。すなわち、ベクトル $\mathbf{r}$ を次式(21)で算出する。

[数21]

$$\mathbf{r} = k \begin{bmatrix} d_{Gi\_X} \\ d_{Gi\_Y} \\ d_{Gi\_Z} \end{bmatrix} \quad (21)$$

[0066] さらに、画像生成部146は、ベクトル $\mathbf{r}$ に基づいて、表示ベクトルの始点 P_{Gi_s} と終点 P_{Gi_e} とを、次式(22)を用いて算出する。

[数22]

$$\begin{aligned} \mathbf{P}_{Gi\_s} &= \begin{bmatrix} L_{Gi\_X} \\ L_{Gi\_Y} \\ L_{Gi\_Z} \end{bmatrix} - \left\{ \text{sign} \begin{bmatrix} d_{Gi\_X} \\ d_{Gi\_Y} \\ d_{Gi\_Z} \end{bmatrix} \cdot \text{sqrt} \left(\begin{bmatrix} d_{Gi\_X} \\ d_{Gi\_Y} \\ d_{Gi\_Z} \end{bmatrix} \right) + \begin{bmatrix} U_{i\_X} \\ U_{i\_Y} \\ U_{i\_Z} \end{bmatrix} \right\} / M \\ \mathbf{P}_{Gi\_e} &= \begin{bmatrix} L_{Gi\_X} \\ L_{Gi\_Y} \\ L_{Gi\_Z} \end{bmatrix} + \left\{ \text{sign} \begin{bmatrix} d_{Gi\_X} \\ d_{Gi\_Y} \\ d_{Gi\_Z} \end{bmatrix} \cdot \text{sqrt} \left(\begin{bmatrix} d_{Gi\_X} \\ d_{Gi\_Y} \\ d_{Gi\_Z} \end{bmatrix} \right) + \begin{bmatrix} U_{i\_X} \\ U_{i\_Y} \\ U_{i\_Z} \end{bmatrix} \right\} / M \end{aligned} \quad (22)$$

[0067] ここで、 M は適当な正の整数である。また、 sign は、変数が0以上であれば1、0とし、0より小さければ-1、0とする関数である。また、 sqrt は、変数の平方根を取る関数である。この平方根を求めるのは、表示ベクトルの大きさを調整するためである。適宜大きさを調整できれば、用いる式は式(22)に限らない。また、式(22)における $\mathbf{U} = [U_{i\_X} \ U_{i\_Y} \ U_{i\_Z}]$ も表示ベクトルの大きさを調整するために加算されている。

[0068] また、 $\mathbf{U} = [U_{i\_X} \ U_{i\_Y} \ U_{i\_Z}]$ を、

$d_{Gi\_X} > d_{Gi\_Y}$ 、かつ、 $d_{Gi\_X} > d_{Gi\_Z}$ の場合は、 $\mathbf{U} = [1 \ 0 \ 0]^T$ 、

$d_{Gi\_Y} > d_{Gi\_X}$ 、かつ、 $d_{Gi\_Y} > d_{Gi\_Z}$ の場合は、 $\mathbf{U} = [0 \ 1 \ 0]^T$ 、

$d_{Gi\_Z} > d_{Gi\_X}$ 、かつ、 $d_{Gi\_Z} > d_{Gi\_Y}$ の場合は、 $\mathbf{U} = [0 \ 0 \ 1]^T$ 、

とすることで、移動量が一番大きい方向を強調する表示ベクトルとすることもできる。

[0069] ステップS109において、コントロール部132は、変数 p を所定値 P

に設定する。ここで変数 p は、表示ベクトルを表示する期間を特定するためのカウンタとして機能し、所定値 P は、表示ベクトルを表示する期間に比例する値である。その後、処理はステップ $S110$ に移る。

- [0070] ステップ $S110$ において、画像生成部 146 は、静止状態の挿入部 210 の形状をメモリ 148 から読み出して、それを表示部 150 に表示させる。この説明の例では、画像生成部 146 は、時刻 $t < t_1$ では、ステップ $S103$ で算出された挿入部 210 の形状を表示部 150 に表示させる。画像生成部 146 は、時刻 t_4 の直後には、ステップ $S106$ で算出された移動期間直後の挿入部 210 の形状を表示させ、その後、時刻 $t > t_4$ では、ステップ $S103$ で算出された挿入部 210 の形状を表示部 150 に表示させる。例えば図 8 に示すように、表示領域 410 に座標系 420 を設定し描画する。次に、この座標系 420 に各センサユニット $110-i$ の位置をセンサ表示符号 $432-i$ で示し、それらをリンク表示符号 $434-i$ で結んで、挿入部形状 430 を描画する。
- [0071] ステップ $S111$ において、コントロール部 132 は、変数 p が 0 よりも大きいかなかを判定する。 p が 0 以下のとき、処理はステップ $S114$ に移る。一方、 p が 0 よりも大きいとき、処理はステップ $S112$ に移る。ステップ $S112$ において、画像生成部 146 は、ステップ $S108$ で式 (22) によって算出した始点 P_{Gi_s} 及び終点 P_{Gi_e} を有する表示ベクトル（例えば矢印の記号）を、挿入部形状 430 の各センサユニット $110-i$ の位置に表示ベクトル $440-i$ として、例えば図 8 に示すように表示する。ステップ $S113$ においてコントロール部 132 は、変数 p を $(p-1)$ に設定する。その後、処理はステップ $S114$ に移る。
- [0072] ステップ $S114$ において、コントロール部 132 は、挿入部形状表示装置 100 の動作が終了したかなかを判定する。動作が終了していないとき、処理はステップ $S101$ に戻る。一方、動作が終了しているとき、処理は終了する。
- [0073] 以上の処理により、表示部 150 には、座標系 420 上に、挿入部 210

が静止状態にあるときは、ステップS 1 1 0によって挿入部2 1 0の形状が挿入部形状4 3 0として表示される。一方、移動状態から静止状態に移った後の所定の時間、すなわち、カウンタとしての変数pがPから0になるまでは、同様に座標系4 2 0上に挿入部2 1 0の形状が挿入部形状4 3 0として表示されるとともに、ステップS 1 1 2によって移動状態における各表示ベクトル4 4 0 - i が重畳表示される。

[0074] 本実施形態によれば、挿入部2 1 0の形状とともに、その移動状態が矢印で表示部1 5 0に表示される。したがって、ユーザは、この表示を見ることで挿入部2 1 0の形状並びに移動方向及び移動量を画像で確認することができる。このような表示は、ユーザによる挿入部2 1 0の操作を支援する。

[0075] 本実施形態によれば、静止状態では各加速度センサ1 1 2 - i 及び各地磁気センサ1 1 4 - i に基づいてその都度、挿入部2 1 0の形状が表示される。また、移動状態では、その都度当該移動状態における移動ベクトルが、重力加速度を補正した運動加速度に基づいて算出される。そして、一連の移動状態ごとに、その移動状態における移動ベクトルが表示される。したがって、加速度の積分を続けることによって挿入部2 1 0の形状と位置と移動量とが算出される場合と比較して、積分を続けることによる誤差の累積が低減され得る。

[0076] もちろん図8に示す図は、挿入部2 1 0の形状とその移動ベクトルとを示す画像の概要を表す一例であり、挿入部2 1 0の形状とその移動ベクトルとを表示する画像であれば、どのような画像が用いられてもよい。例えば挿入部2 1 0の形状は内視鏡の形状を模した表示としてもよい。また、例えば表示ベクトル4 4 0 - i の代わりにアニメーションを用いて挿入部2 1 0を表す図が移動するようにして、移動ベクトルが表現されてもよい。この場合、ステップS 1 0 8の処理を適宜変更し、必要な情報を算出するようにすればよい。

[0077] また、本実施形態では、各センサユニット1 1 0 - i の間は直線のリンク3 1 0 - i で結ばれていると仮定して、挿入部2 1 0の形状の算出が行われ

ているが、各センサユニット110-i間を曲線とするような補正が適宜行われてもよい。また、本実施形態では、挿入部形状表示装置が内視鏡に適應される例を示したが、内視鏡内に通して用いられるカテーテルやその他処置具など、変形して挿入される挿入部を有する種々の装置に適用され得る。

[0078] なお、移動状態における運動加速度の推定において、加速度センサの出力にローパスフィルタをかけることで、運動加速度の影響を低減して重力加速度を推定することもできる。その場合、線形補完による姿勢の推定を行わずに移動ベクトルを算出することもできる。

[0079] なお、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てい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。例えば、実施形態に示される全構成要素から幾つかの構成要素を削除しても、発明が解決しようとする課題の欄で述べられた課題が解決でき、かつ、発明の効果が得られる場合には、この構成要素が削除された構成も発明として抽出され得る。

請求の範囲

[請求項1]

変形する挿入部（210）と、
前記挿入部（210）に固定された複数の計測点の各々に配置され、各々の該計測点に加わる加速度と静止状態における各々の該計測点の姿勢に関する姿勢情報とを取得する複数の姿勢取得部（110）と、
前記挿入部（210）における各々の前記計測点の位置と各々の前記姿勢情報とに基づいて、各々の該計測点の姿勢と他の前記計測点に対する相対的位置とを算出する形状算出部（136）と、
前記加速度に基づいて前記計測点が移動しているか否かの判定を行う移動判定部（133）と、
前記判定に基づいて前記計測点が移動している移動期間を特定する移動期間特定部（134）と、
前記移動期間の前後の静止状態における各々の前記計測点の前記姿勢に基づいて、該移動期間における各々の該計測点の姿勢である移動期間姿勢を推定する姿勢推定部（143）と、
各々の前記移動期間姿勢によって補正した各々の前記加速度に基づいて、前記移動期間における各々の前記計測点の移動ベクトルを算出する移動ベクトル算出部（144）と、
各々の前記相対的位置と各々の前記移動ベクトルとを表す表示画像を生成する画像生成部（146）と、
前記表示画像を表示する表示部（150）と、
を具備することを特徴とする挿入部形状表示装置（100）。

[請求項2]

前記画像生成部（146）は、前記移動期間の終了後の前記相対的位置を表す図に前記移動ベクトルを表す記号を重畳した前記表示画像を生成することを特徴とする請求項1に記載の挿入部形状表示装置（100）。

[請求項3]

前記姿勢情報は、前記加速度を含むことを特徴とする請求項1又は

2 に記載の挿入部形状表示装置（１００）。

[請求項4]

前記挿入部（２１０）は細長形状をしており、

前記計測点は、前記挿入部（２１０）の長軸に沿って複数配置されている、

ことを特徴とする請求項１又は２に記載の挿入部形状表示装置（１００）。

[請求項5]

前記移動ベクトル算出部（１４４）は、

前記加速度に含まれる重力加速度を前記移動期間姿勢に基づいて補正して、グローバル座標系における前記計測点の移動に伴う加速度であるグローバル座標系加速度を算出し、

前記グローバル座標系加速度を２回積分することで前記移動ベクトルを算出する、

ことを特徴とする請求項１又は２に記載の挿入部形状表示装置（１００）。

[請求項6]

前記画像生成部（１４６）は、前記表示画像における各々の前記計測点に該当する位置に各々の前記移動ベクトルを表す前記記号を重畳した前記表示画像を生成することを特徴する請求項１又は２に記載の挿入部形状表示装置（１００）。

[請求項7]

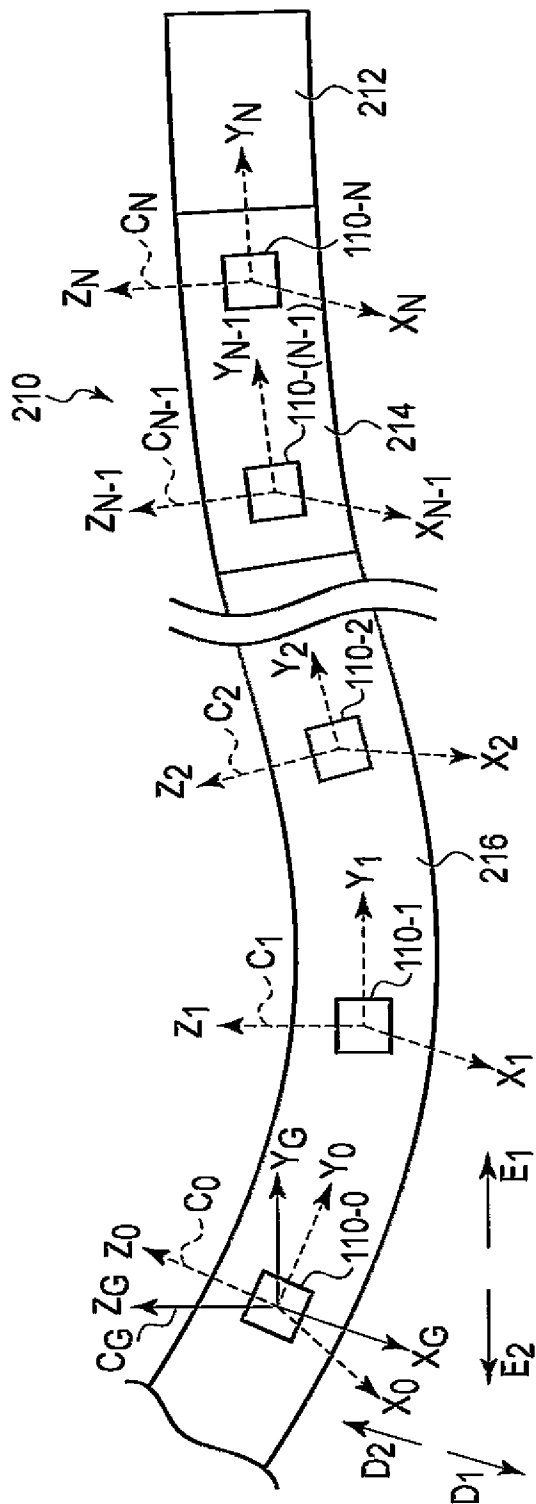
前記姿勢取得部（１１０）は、

直交する３軸方向の加速度を計測する加速度センサ（１１２）と、

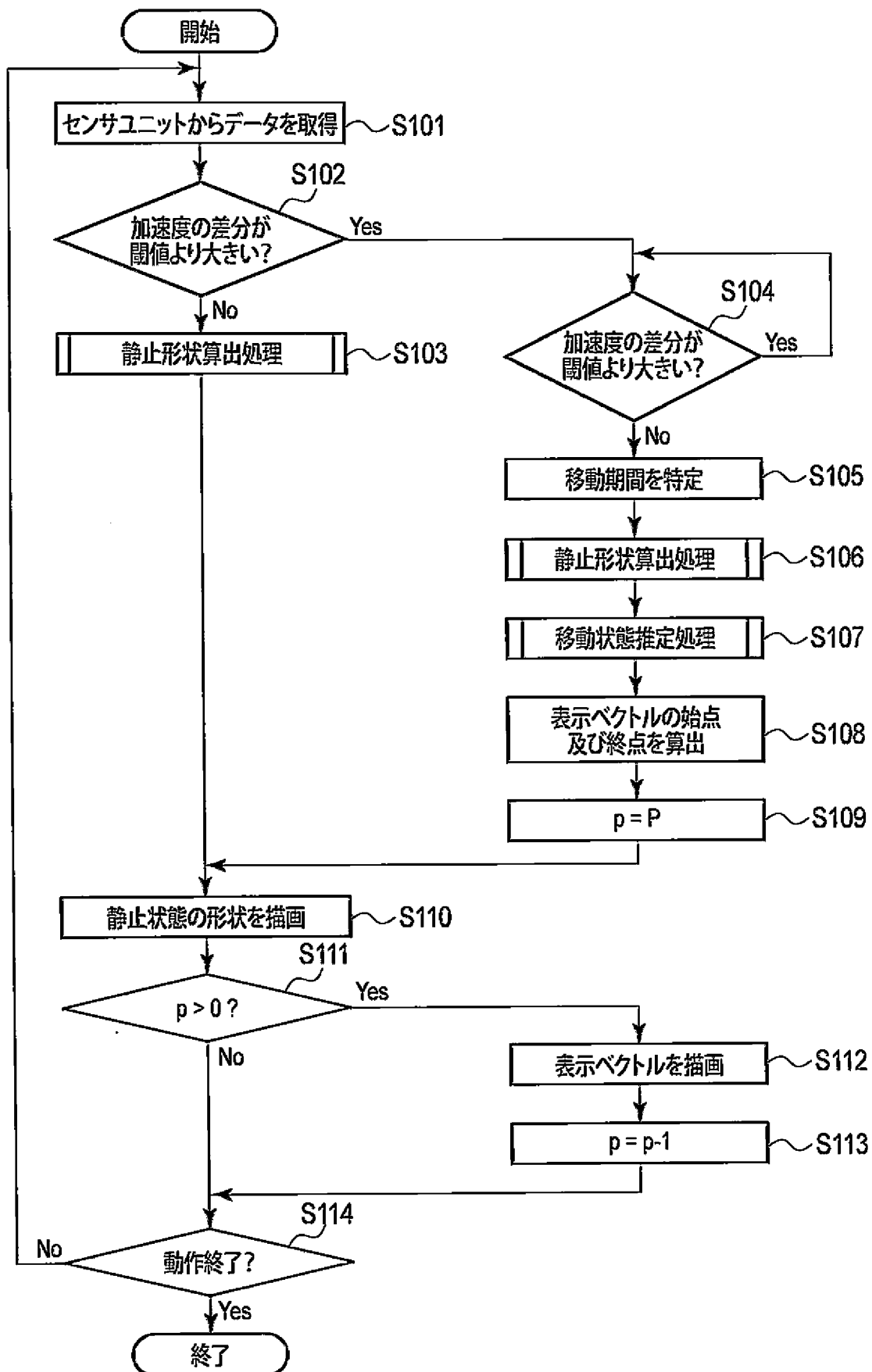
地磁気を計測する地磁気センサ（１１４）と、

からなることを特徴する請求項１又は２に記載の挿入部形状表示装置（１００）。

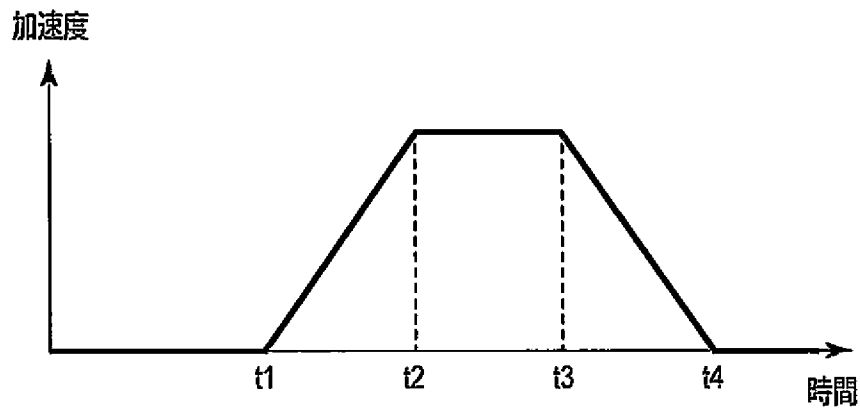
[図2]



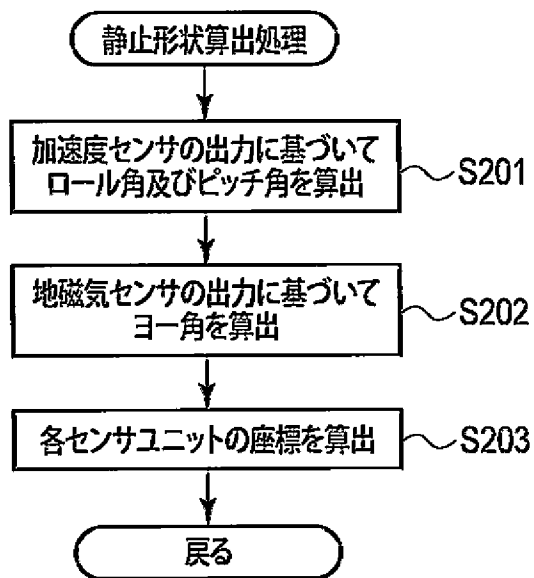
[図3]



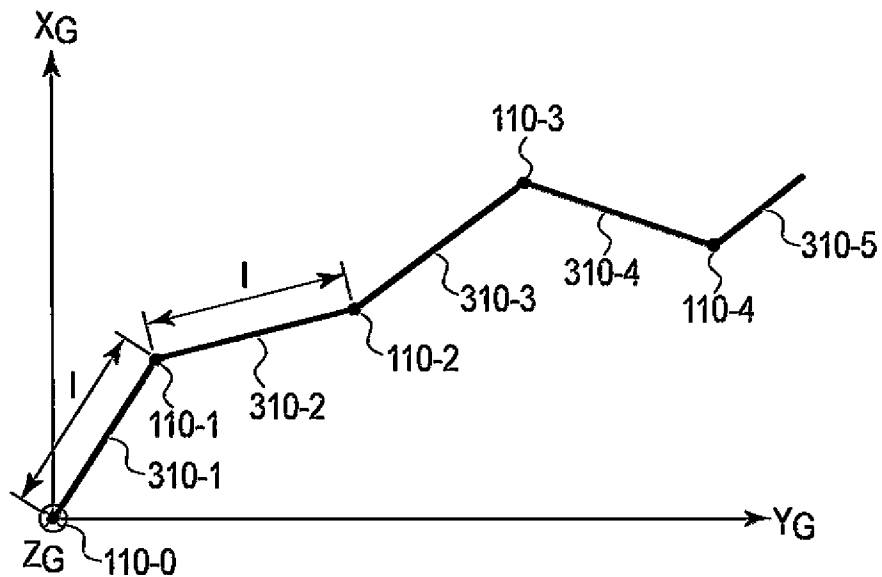
[図4]



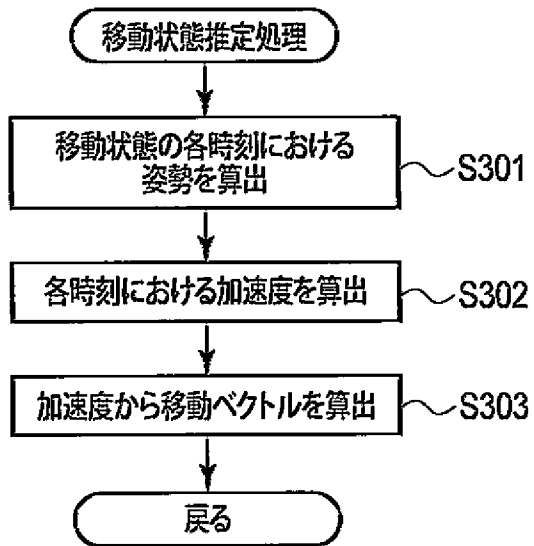
[図5]



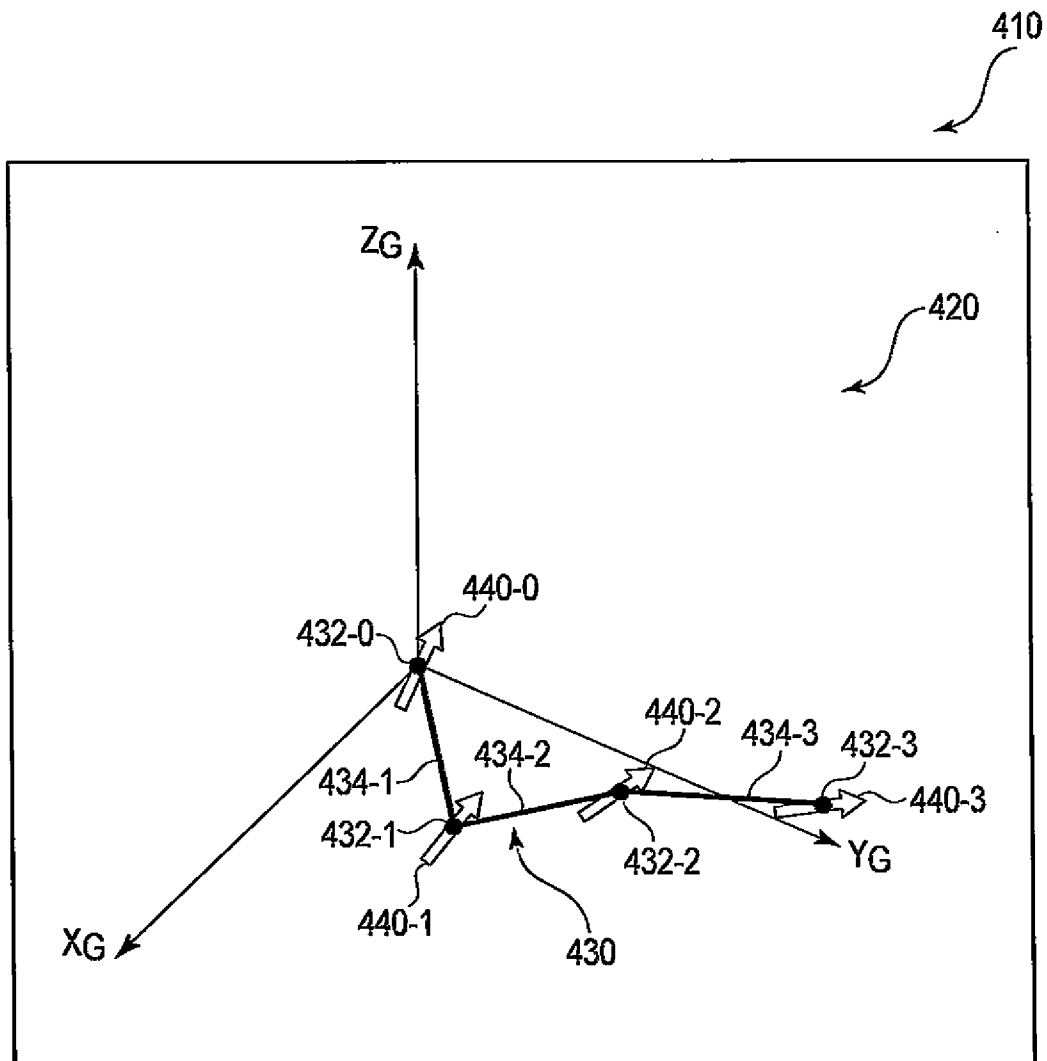
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/060368

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 1996-2012

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012

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 2011-104053 A (Olympus Corp.), 02 June 2011 (02.06.2011), entire text; all drawings (Family: none)	1-7
A	JP 2006-314775 A (Olympus Corp.), 24 November 2006 (24.11.2006), entire text; all drawings (Family: none)	1-7
A	JP 11-19027 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 26 January 1999 (26.01.1999), entire text; all drawings (Family: none)	1-7

☐

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

13 June, 2012 (13.06.12)

Date of mailing of the international search report

26 June, 2012 (26.06.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

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（I P C））

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 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 2011-104053 A（オリンパス株式会社）2011.06.02, 全文、全図 （ファミリーなし）	1-7
A	JP 2006-314775 A（オリンパス株式会社）2006.11.24, 全文、全図 （ファミリーなし）	1-7
A	JP 11-19027 A（オリンパス光学工業株式会社）1999.01.26, 全文、全図（ファミリーなし）	1-7

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

1 3 . 0 6 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

2 6 . 0 6 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
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

2 Q

3 4 1 0

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 9 2