

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

WO2009/041524

発行日 平成23年1月27日 (2011. 1. 27)

(43) 国際公開日 平成21年4月2日 (2009. 4. 2)

(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	2 F 0 6 3
A 6 1 B 5/07 (2006.01)	A 6 1 B 1/00 3 2 0 B	4 C 0 3 8
G 0 1 B 7/00 (2006.01)	A 6 1 B 5/07	4 C 0 6 1
	G 0 1 B 7/00 1 0 3 M	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 43 頁)

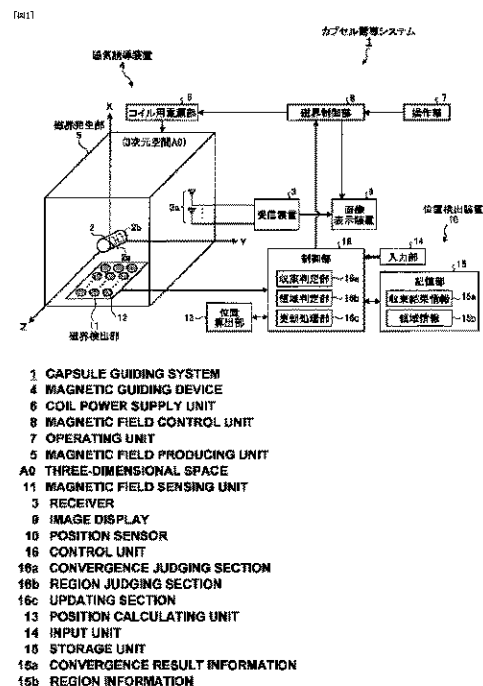
出願番号	特願2009-534374 (P2009-534374)	(71) 出願人	304050923
(21) 国際出願番号	PCT/JP2008/067330		オリンパスメディカルシステムズ株式会社
(22) 国際出願日	平成20年9月25日 (2008. 9. 25)		東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
(31) 優先権主張番号	特願2007-247922 (P2007-247922)	(74) 代理人	100089118
(32) 優先日	平成19年9月25日 (2007. 9. 25)		弁理士 酒井 宏明
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者	木村 敦志
			東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オ
			リンパスメディカルシステムズ株式会社内
		(72) 発明者	内山 昭夫
			東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オ
			リンパスメディカルシステムズ株式会社内
		(72) 発明者	千葉 淳
			東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オ
			リンパスメディカルシステムズ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 位置検出装置

(57) 【要約】

本発明は、検知体の位置情報および方向情報を算出する最適化収束計算の誤差値が発散した際に、この最適化収束計算の誤差値の収束状態を短時間に復帰できることを目的とする。本発明にかかる位置検出装置10は、カプセル型内視鏡2内部の磁界発生部2bによる磁界を検出する磁界検出部11と、磁界検出部11が検出した磁界情報の測定値と理論値との誤差を表す評価関数を用いて最適化収束計算を実行してカプセル型内視鏡2の位置方向情報を算出する位置算出部13と、最適化収束計算の最終収束結果を含む収束結果情報15aを記憶する記憶部15と、これらを制御する制御部16とを備える。制御部16は、最適化収束計算の結果が収束したか否かを判定し、収束していない場合に位置算出部13を停止させ、所定の時間が経過した後、最終収束結果を用いた最適化収束計算を位置算出部13に開始させる。



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

検知体の磁界情報の測定値と理論値との誤差を表す評価関数を用いて最適化収束計算を実行して、前記検知体の少なくとも位置を算出する位置算出部と、

前記位置算出部が実行した最適化収束計算の最終の収束結果を記憶する記憶部と、

前記最適化収束計算の結果が収束したか否かを判定し、収束していない場合、前記位置算出部の最適化収束計算を停止させ、所定の時間が経過した後、前記最終の収束結果に基づき前記最適化収束計算を前記位置算出部に実行させて最適化収束計算の収束状態を復帰する復帰処理を行う制御部と、

を備えたことを特徴とする位置検出装置。

10

【請求項 2】

前記制御部は、前記検知体の位置検出空間内に判定領域を設定し、前記検知体の位置が前記判定領域内であるか否かを判定し、判定領域外である場合、前記復帰処理を行い、

前記記憶部は、前記最適化収束計算の結果が収束し且つ前記検知体の位置が前記判定領域内である場合に前記最適化収束計算の最終の収束結果を記憶することを特徴とする請求項 1 に記載の位置検出装置。

【請求項 3】

前記制御部は、前記判定領域内に、前記判定領域に比して少なくとも前記検知体の位置ばらつき範囲に相当する空間だけ小さい内側領域を設定し、前記検知体の位置が前記内側領域内であるか否かを判定し、内側領域外である場合、少なくとも前記検知体のばらつき範囲に相当する空間だけ前記判定領域を拡張し、前記検知体の位置が該拡張後の判定領域内であるか否かを判定し、拡張後の判定領域外である場合、前記復帰処理を行うことを特徴とする請求項 2 に記載の位置検出装置。

20

【請求項 4】

前記検知体の周辺に配置され、前記検知体に磁界を印加する複数の磁界発生コイルと、前記複数の磁界発生コイルの中から、磁界を発生させる少なくとも一つの磁界発生コイルを選択する切替部と、

を備え、

前記検知体は、前記少なくとも一つの磁界発生コイルによって発生した磁界を受けて共振し、新たに共振磁界を発生する共振回路を備え、

30

前記制御部は、前記復帰処理の最適化収束計算の結果が収束していない場合、前記切替部に前記磁界発生コイルを切替させた後に前記復帰処理を再度行うことを特徴とする請求項 1 に記載の位置検出装置。

【請求項 5】

前記検知体の周辺に配置され、前記検知体に磁界を印加する複数の磁界発生コイルと、前記複数の磁界発生コイルの中から、磁界を発生させる少なくとも一つの磁界発生コイルを選択する切替部と、

を備え、

前記検知体は、前記少なくとも一つの磁界発生コイルによって発生した磁界を受けて共振し、新たに共振磁界を発生する共振回路を備え、

40

前記制御部は、前記復帰処理の最適化収束計算によって算出された前記検知体の位置が前記判定領域外である場合、前記切替部に前記磁界発生コイルを切替させた後に前記復帰処理を再度行うことを特徴とする請求項 1 に記載の位置検出装置。

【請求項 6】

前記検知体の周辺に配置され、前記検知体に磁界を印加する複数の磁界発生コイルと、前記複数の磁界発生コイルの中から、磁界を発生させる少なくとも一つの磁界発生コイルを選択する切替部と、

を備え、

前記検知体は、前記少なくとも一つの磁界発生コイルによって発生した磁界を受けて共振し、新たに共振磁界を発生する共振回路を備え、

50

前記制御部は、前記復帰処理の最適化収束計算によって算出された前記検知体の位置が前記拡張後の判定領域外である場合、前記切替部に前記磁界発生コイルを切替させた後に前記復帰処理を再度行うことを特徴とする請求項 3 に記載の位置検出装置。

【請求項 7】

前記検知体の周辺に配置され、前記検知体に磁界を印加する複数の磁界発生コイルと、前記複数の磁界発生コイルの中から、磁界を発生させる少なくとも一つの磁界発生コイルを選択する切替部と、

を備え、

前記検知体は、前記少なくとも一つの磁界発生コイルによって発生した磁界を前記磁界情報として検出する磁界検出部を備え、

10

前記制御部は、前記磁界検出部によって検出された前記磁界情報を取得し、この取得した前記磁界情報を用いた最適化収束計算を前記位置算出部に実行させ、前記復帰処理の最適化収束計算の結果が収束していない場合、前記切替部に前記磁界発生コイルを切替させた後に前記復帰処理を再度行うことを特徴とする請求項 1 に記載の位置検出装置。

【請求項 8】

前記検知体の周辺に配置され、前記検知体に磁界を印加する複数の磁界発生コイルと、前記複数の磁界発生コイルの中から、磁界を発生させる少なくとも一つの磁界発生コイルを選択する切替部と、

を備え、

前記検知体は、前記少なくとも一つの磁界発生コイルによって発生した磁界を前記磁界情報として検出する磁界検出部を備え、

20

前記制御部は、前記磁界検出部によって検出された前記磁界情報を取得し、この取得した前記磁界情報を用いた最適化収束計算を前記位置算出部に実行させ、前記復帰処理の最適化収束計算によって算出された前記検知体の位置が前記判定領域外である場合、前記切替部に前記磁界発生コイルを切替させた後に前記復帰処理を再度行うことを特徴とする請求項 1 に記載の位置検出装置。

【請求項 9】

前記検知体の周辺に配置され、前記検知体に磁界を印加する複数の磁界発生コイルと、前記複数の磁界発生コイルの中から、磁界を発生させる少なくとも一つの磁界発生コイルを選択する切替部と、

を備え、

前記検知体は、前記少なくとも一つの磁界発生コイルによって発生した磁界を前記磁界情報として検出する磁界検出部を備え、

30

前記制御部は、前記磁界検出部によって検出された前記磁界情報を取得し、この取得した前記磁界情報を用いた最適化収束計算を前記位置算出部に実行させ、前記復帰処理の最適化収束計算によって算出された前記検知体の位置が前記拡張後の判定領域外である場合、前記切替部に前記磁界発生コイルを切替させた後に前記復帰処理を再度行うことを特徴とする請求項 3 に記載の位置検出装置。

【請求項 10】

前記制御部は、前記最適化収束計算の結果が収束したか否かを判定する収束判定部を備え、前記収束判定部によって前記最適化収束計算の結果が収束していないと判断された場合、前記位置算出部の最適化収束計算を停止させ、所定の時間が経過した後に前記復帰処理を行うことを特徴とする請求項 1 に記載の位置検出装置。

40

【請求項 11】

前記制御部は、前記最適化収束計算によって算出された前記検知体の位置を含む領域を判定する領域判定部を備え、

前記領域判定部は、前記検知体の位置が前記判定領域内であるか否かを判定し、

前記制御部は、前記領域判定部によって前記検知体の位置が前記判定領域外であると判定された場合、前記復帰処理を行い、

前記記憶部は、前記最適化収束計算の結果が収束し且つ前記領域判定部によって前記検

50

知体の位置が前記判定領域内であると判定された場合に、前記最適化収束計算の最終の収束結果を記憶することを特徴とする請求項 2 に記載の位置検出装置。

【請求項 1 2】

前記制御部は、前記判定領域内に、前記判定領域に比して少なくとも前記検知体の位置ばらつき範囲に相当する空間だけ小さい内側領域を設定し、

前記領域判定部は、前記検知体の位置が前記内側領域内であるか否かを判定し、

前記制御部は、前記領域判定部によって前記検知体の位置が前記内側領域外であると判定された場合、少なくとも前記検知体のばらつき範囲に相当する空間だけ前記判定領域を拡張し、

前記領域判定部は、前記検知体の位置が前記拡張後の判定領域内であるか否かを判定し

10

、
前記制御部は、前記領域判定部によって前記検知体の位置が前記拡張後の判定領域外であると判定された場合、前記復帰処理を行うことを特徴とする請求項 1 1 に記載の位置検出装置。

【請求項 1 3】

検知体の磁界情報の測定値と理論値との誤差を表す評価関数を用いて最適化収束計算を実行して、前記検知体の少なくとも位置を算出する位置算出部と、

前記磁界情報の測定値に関する閾値を記憶する閾値記憶部と、

前記磁界情報の測定値と前記閾値とを比較して前記磁界情報の測定値と前記閾値との大小を判定し、前記磁界情報の測定値が前記閾値以上である場合、前記位置算出部の最適化収束計算を許可し、前記磁界情報の測定値が前記閾値未満である場合、前記位置算出部の最適化収束計算を禁止する制御部と、

20

を備えたことを特徴とする位置検出装置。

【請求項 1 4】

前記制御部は、

前記磁界情報の測定値が前記閾値に比して小さいか否かを判定するレベル判定部と、

前記レベル判定部によって前記磁界情報の測定値が前記閾値未満に比して小さいと判定された場合、前記位置算出部の最適化収束計算を停止させる制御信号を前記位置算出部に出力する出力部と、

を備えたことを特徴とする請求項 1 3 に記載の位置検出装置。

30

【請求項 1 5】

前記検知体から発生した磁界を複数の磁界検出コイルによって検出し、前記複数の磁界検出コイルによる各検出結果を前記磁界情報の測定値として前記制御部に出力する磁界検出部を備えたことを特徴とする請求項 1 3 に記載の位置検出装置。

【請求項 1 6】

前記磁界情報の測定値は、前記複数の磁界検出コイルによる各検出結果のうちの最大値であることを特徴とする請求項 1 5 に記載の位置検出装置。

【請求項 1 7】

前記検知体の周辺に配置され、前記検知体に磁界を印加する複数の磁界発生コイルと、

前記複数の磁界発生コイルの中から、磁界を発生させる少なくとも一つの磁界発生コイルを選択する切替部と、

40

を備え、

前記検知体は、前記少なくとも一つの磁界発生コイルによって印加された磁界を受けて共振磁界を発生し、

前記磁界検出部は、前記検知体から発生した共振磁界を前記複数の磁界検出コイルによって検出し、前記複数の磁界検出コイルによる前記共振磁界の各検出結果を前記磁界情報の測定値として前記制御部に出力することを特徴とする請求項 1 5 に記載の位置検出装置。

【請求項 1 8】

前記閾値記憶部は、前記複数の磁界発生コイルの軸方向別に、前記磁界情報の測定値に

50

関する複数の閾値を記憶し、

前記制御部は、前記複数の磁界発生コイルのうちの前記検知体に磁界を印加する磁界発生コイルに対応して、前記複数の閾値の中から前記磁界情報の測定値と比較する前記閾値を選択することを特徴とする請求項 17 に記載の位置検出装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、検知体から放出された磁界の検出結果をもとに検知体の位置を検出する位置検出装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来から、内視鏡の分野において、患者等の被検体の消化管内に導入可能なカプセル型内視鏡が登場している。カプセル型内視鏡は、被検体の口から飲み込まれた後、蠕動運動等によって消化管内を移動しつつ被検体の臓器内部の画像（以下、体内画像という場合がある）を取得し、取得した体内画像を被検体外部の受信装置に無線送信する。かかるカプセル型内視鏡は、被検体の消化管内部に導入されてから被検体外部に自然排出されるまでの期間、この被検体の体内画像を順次取得する。

【0003】

また、被検体内部に導入したカプセル型内視鏡を磁力によって誘導（すなわち磁気誘導）するシステムが提案されている（例えば、特許文献 1 参照）。このシステムでは、コイルおよびコンデンサを用いた LC 共振回路（以下、LC マーカという）と磁石とをカプセル型内視鏡に内蔵し、この LC マーカから放出された誘導磁界の検出結果をもとにカプセル型内視鏡の位置を検出し、この検出した位置に形成した磁界をカプセル型内視鏡内部の磁石に作用させて、被検体内部のカプセル型内視鏡を磁気誘導する。

【0004】

かかるカプセル型内視鏡の位置を検出する位置検出装置は、一般に、外部磁界の印加によってカプセル型内視鏡内部の LC マーカから放出された誘導磁界を複数の検出コイルによって検出し、この誘導磁界の検出結果をもとにカプセル型内視鏡の位置を算出する。この場合、位置検出装置は、各検出コイルの磁界強度検出値（測定値）と各検出コイルの磁界強度理論値との誤差を表す評価関数を設定する。なお、この磁界強度理論値は、仮定の位置に仮定の方向を向いた状態のカプセル型内視鏡内部の LC マーカから各検出コイルが検出する誘導磁界強度の理論値であり、所定の演算式によって算出される。位置検出装置は、かかる評価関数に基づいた最適化収束計算を実行し、この最適化収束計算の誤差値が所定の閾値以下になる（すなわち収束する）際の仮定の位置および仮定の方向をカプセル型内視鏡の位置情報および方向情報として算出する。かかる位置検出装置は、このように最適化収束計算の誤差値が所定の閾値以下に収束した際の最適化収束計算の結果を次の最適化収束計算の計算開始点に用いて最適化収束計算を繰り返し実行し、カプセル型内視鏡の位置情報および方向情報を順次算出する。

【0005】

【特許文献 1】国際公開第 2005/112733 号パンフレット

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで、上述した最適化収束計算の誤差値は、例えば上述したカプセル型内視鏡に例示される検知体の急激な変位または検出コイルのノイズ量に起因して所定の閾値以下に収束しない（以下、このような収束しない現象を「発散する」という）場合がある。かかる最適化収束計算の誤差値が発散した際に算出された検知体の位置情報および方向情報は、実際の検知体の位置情報および方向情報に比して大きく外れている等、意味を成さないことが多い。

【0007】

10

20

30

40

50

しかしながら、上述した従来の位置検出装置は、最適化収束計算の誤差値が発散した場合、この発散した際の最適化収束計算の結果を次の最適化収束計算の計算開始点に用いて最適化収束計算を繰り返し実行してしまうため、最適化収束計算の誤差値を所定の閾値以下に再度収束させる（すなわち誤差値の収束状態を復帰する）までに多大な時間がかかる。なお、検知体の位置情報および方向情報を検出する位置検出装置においては、最適化収束計算の誤差値が発散した際に最適化収束計算の誤差値の収束状態を短時間に復帰することが要望されている。

【 0 0 0 8 】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであって、検知体の位置情報および方向情報を算出する最適化収束計算の誤差値が発散した際に、この最適化収束計算の誤差値の収束状態を短時間に復帰できる位置検出装置を提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明にかかる位置検出装置は、検知体の磁界情報の測定値と理論値との誤差を表す評価関数を用いて最適化収束計算を実行して、前記検知体の少なくとも位置を算出する位置算出部と、前記位置算出部が実行した最適化収束計算の最終の収束結果を記憶する記憶部と、前記最適化収束計算の結果が収束したか否かを判定し、収束していない場合、前記位置算出部の最適化収束計算を停止させ、所定の時間が経過した後、前記最終の収束結果に基づき前記最適化収束計算を前記位置算出部に実行させて最適化収束計算の収束状態を復帰する復帰処理を行う制御部と、を備えたことを特徴とする。

20

【 0 0 1 0 】

また、本発明にかかる位置検出装置は、上記の発明において、前記制御部は、前記検知体の位置検出空間内に判定領域を設定し、前記検知体の位置が前記判定領域内であるか否かを判定し、判定領域外である場合、前記復帰処理を行い、前記記憶部は、前記最適化収束計算の結果が収束し且つ前記検知体の位置が前記判定領域内である場合に前記最適化収束計算の最終の収束結果を記憶することを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

また、本発明にかかる位置検出装置は、上記の発明において、前記制御部は、前記判定領域内に、前記判定領域に比して少なくとも前記検知体の位置ばらつき範囲に相当する空間だけ小さい内側領域を設定し、前記検知体の位置が前記内側領域内であるか否かを判定し、内側領域外である場合、少なくとも前記検知体のばらつき範囲に相当する空間だけ前記判定領域を拡張し、前記検知体の位置が該拡張後の判定領域内であるか否かを判定し、拡張後の判定領域外である場合、前記復帰処理を行うことを特徴とする。

30

【 0 0 1 2 】

また、本発明にかかる位置検出装置は、上記の発明において、前記検知体の周辺に配置され、前記検知体に磁界を印加する複数の磁界発生コイルと、前記複数の磁界発生コイルの中から、磁界を発生させる少なくとも一つの磁界発生コイルを選択する切替部と、を備え、前記検知体は、前記少なくとも一つの磁界発生コイルによって発生した磁界を受けて共振し、新たに共振磁界を発生する共振回路を備え、前記制御部は、前記復帰処理の最適化収束計算の結果が収束していない場合、前記切替部に前記磁界発生コイルを切替させた後に前記復帰処理を再度行うことを特徴とする。

40

【 0 0 1 3 】

また、本発明にかかる位置検出装置は、上記の発明において、前記検知体の周辺に配置され、前記検知体に磁界を印加する複数の磁界発生コイルと、前記複数の磁界発生コイルの中から、磁界を発生させる少なくとも一つの磁界発生コイルを選択する切替部と、を備え、前記検知体は、前記少なくとも一つの磁界発生コイルによって発生した磁界を受けて共振し、新たに共振磁界を発生する共振回路を備え、前記制御部は、前記復帰処理の最適化収束計算によって算出された前記検知体の位置が前記判定領域外である場合、前記切替部に前記磁界発生コイルを切替させた後に前記復帰処理を再度行うことを特徴とする。

50

【 0 0 1 4 】

また、本発明にかかる位置検出装置は、上記の発明において、前記検知体の周辺に配置され、前記検知体に磁界を印加する複数の磁界発生コイルと、前記複数の磁界発生コイルの中から、磁界を発生させる少なくとも一つの磁界発生コイルを選択する切替部と、を備え、前記検知体は、前記少なくとも一つの磁界発生コイルによって発生した磁界を受けて共振し、新たに共振磁界を発生する共振回路を備え、前記制御部は、前記復帰処理の最適化収束計算によって算出された前記検知体の位置が前記拡張後の判定領域外である場合、前記切替部に前記磁界発生コイルを切替させた後に前記復帰処理を再度行うことを特徴とする。

【 0 0 1 5 】

また、本発明にかかる位置検出装置は、上記の発明において、前記検知体の周辺に配置され、前記検知体に磁界を印加する複数の磁界発生コイルと、前記複数の磁界発生コイルの中から、磁界を発生させる少なくとも一つの磁界発生コイルを選択する切替部と、を備え、前記検知体は、前記少なくとも一つの磁界発生コイルによって発生した磁界を前記磁界情報として検出する磁界検出部を備え、前記制御部は、前記磁界検出部によって検出された前記磁界情報を取得し、この取得した前記磁界情報を用いた最適化収束計算を前記位置算出部に実行させ、前記復帰処理の最適化収束計算の結果が収束していない場合、前記切替部に前記磁界発生コイルを切替させた後に前記復帰処理を再度行うことを特徴とする。

10

【 0 0 1 6 】

また、本発明にかかる位置検出装置は、上記の発明において、前記検知体の周辺に配置され、前記検知体に磁界を印加する複数の磁界発生コイルと、前記複数の磁界発生コイルの中から、磁界を発生させる少なくとも一つの磁界発生コイルを選択する切替部と、を備え、前記検知体は、前記少なくとも一つの磁界発生コイルによって発生した磁界を前記磁界情報として検出する磁界検出部を備え、前記制御部は、前記磁界検出部によって検出された前記磁界情報を取得し、この取得した前記磁界情報を用いた最適化収束計算を前記位置算出部に実行させ、前記復帰処理の最適化収束計算によって算出された前記検知体の位置が前記判定領域外である場合、前記切替部に前記磁界発生コイルを切替させた後に前記復帰処理を再度行うことを特徴とする。

20

【 0 0 1 7 】

また、本発明にかかる位置検出装置は、上記の発明において、前記検知体の周辺に配置され、前記検知体に磁界を印加する複数の磁界発生コイルと、前記複数の磁界発生コイルの中から、磁界を発生させる少なくとも一つの磁界発生コイルを選択する切替部と、を備え、前記検知体は、前記少なくとも一つの磁界発生コイルによって発生した磁界を前記磁界情報として検出する磁界検出部を備え、前記制御部は、前記磁界検出部によって検出された前記磁界情報を取得し、この取得した前記磁界情報を用いた最適化収束計算を前記位置算出部に実行させ、前記復帰処理の最適化収束計算によって算出された前記検知体の位置が前記拡張後の判定領域外である場合、前記切替部に前記磁界発生コイルを切替させた後に前記復帰処理を再度行うことを特徴とする。

30

【 0 0 1 8 】

また、本発明にかかる位置検出装置は、上記の発明において、前記制御部は、前記最適化収束計算の結果が収束したか否かを判定する収束判定部を備え、前記収束判定部によって前記最適化収束計算の結果が収束していないと判断された場合、前記位置算出部の最適化収束計算を停止させ、所定の時間が経過した後に前記復帰処理を行うことを特徴とする。

40

【 0 0 1 9 】

また、本発明にかかる位置検出装置は、上記の発明において、前記制御部は、前記最適化収束計算によって算出された前記検知体の位置を含む領域を判定する領域判定部を備え、前記領域判定部は、前記検知体の位置が前記判定領域内であるか否かを判定し、前記制御部は、前記領域判定部によって前記検知体の位置が前記判定領域外であると判定された

50

場合、前記復帰処理を行い、前記記憶部は、前記最適化収束計算の結果が収束し且つ前記領域判定部によって前記検知体の位置が前記判定領域内であると判定された場合に、前記最適化収束計算の最終の収束結果を記憶することを特徴とする。

【 0 0 2 0 】

また、本発明にかかる位置検出装置は、上記の発明において、前記制御部は、前記判定領域内に、前記判定領域に比して少なくとも前記検知体の位置ばらつき範囲に相当する空間だけ小さい内側領域を設定し、前記領域判定部は、前記検知体の位置が前記内側領域内であるか否かを判定し、前記制御部は、前記領域判定部によって前記検知体の位置が前記内側領域外であると判定された場合、少なくとも前記検知体のばらつき範囲に相当する空間だけ前記判定領域を拡張し、前記領域判定部は、前記検知体の位置が前記拡張後の判定領域内であるか否かを判定し、前記制御部は、前記領域判定部によって前記検知体の位置が前記拡張後の判定領域外であると判定された場合、前記復帰処理を行うことを特徴とする。

10

【 0 0 2 1 】

また、本発明にかかる位置検出装置は、検知体の磁界情報の測定値と理論値との誤差を表す評価関数を用いて最適化収束計算を実行して、前記検知体の少なくとも位置を算出する位置算出部と、前記磁界情報の測定値に関する閾値を記憶する閾値記憶部と、前記磁界情報の測定値と前記閾値とを比較して前記磁界情報の測定値と前記閾値との大小を判定し、前記磁界情報の測定値が前記閾値以上である場合、前記位置算出部の最適化収束計算を許可し、前記磁界情報の測定値が前記閾値未満である場合、前記位置算出部の最適化収束計算を禁止する制御部と、を備えたことを特徴とする。

20

【 0 0 2 2 】

また、本発明にかかる位置検出装置は、上記の発明において、前記制御部は、前記磁界情報の測定値が前記閾値に比して小さいか否かを判定するレベル判定部と、前記レベル判定部によって前記磁界情報の測定値が前記閾値未満に比して小さいと判定された場合、前記位置算出部の最適化収束計算を停止させる制御信号を前記位置算出部に出力する出力部と、を備えたことを特徴とする。

【 0 0 2 3 】

また、本発明にかかる位置検出装置は、上記の発明において、前記検知体から発生した磁界を複数の磁界検出コイルによって検出し、前記複数の磁界検出コイルによる各検出結果を前記磁界情報の測定値として前記制御部に出力する磁界検出部を備えたことを特徴とする。

30

【 0 0 2 4 】

また、本発明にかかる位置検出装置は、上記の発明において、前記磁界情報の測定値は、前記複数の磁界検出コイルによる各検出結果のうちの最大値であることを特徴とする。

【 0 0 2 5 】

また、本発明にかかる位置検出装置は、上記の発明において、前記検知体の周辺に配置され、前記検知体に磁界を印加する複数の磁界発生コイルと、前記複数の磁界発生コイルの中から、磁界を発生させる少なくとも一つの磁界発生コイルを選択する切替部と、を備え、前記検知体は、前記少なくとも一つの磁界発生コイルによって印加された磁界を受けて共振磁界を発生し、前記磁界検出部は、前記検知体から発生した共振磁界を前記複数の磁界検出コイルによって検出し、前記複数の磁界検出コイルによる前記共振磁界の各検出結果を前記磁界情報の測定値として前記制御部に出力することを特徴とする。

40

【 0 0 2 6 】

また、本発明にかかる位置検出装置は、上記の発明において、前記閾値記憶部は、前記複数の磁界発生コイルの軸方向別に、前記磁界情報の測定値に関する複数の閾値を記憶し、前記制御部は、前記複数の磁界発生コイルのうちの前記検知体に磁界を印加する磁界発生コイルに対応して、前記複数の閾値の中から前記磁界情報の測定値と比較する前記閾値を選択することを特徴とする。

【 発明の効果 】

50

【 0 0 2 7 】

本発明にかかる位置検出装置は、検知体の磁界情報の測定値と理論値との誤差を表す評価関数に基づいた最適化収束計算を演算処理部に実行させ、この演算処理部による最適化収束計算の誤差値が収束したか否かを判定し、最適化収束計算の誤差値が収束した場合、この最適化収束計算の収束結果に基づいた検知体の位置方向情報を算出するとともに、この収束結果を次の最適化収束計算の計算開始点に設定するようにし、最適化収束計算の誤差値が収束しない場合、所定の時間が経過するまで最適化収束計算等の演算処理部の演算処理を停止し、検知体の磁界情報の測定値を取り直すとともに、以前の最適化収束計算による最終の収束結果を計算開始点として最適化収束計算を演算処理部に再開させるように構成している。このため、ノイズ等の外乱の悪影響を受けた磁界情報の測定値を排除できるとともに、誤差値が発散した際の最適化収束計算の結果を次の最適化収束計算の計算開始点に用いるという事態を防止できる。これによって、最適化収束計算の誤差値が発散した場合であっても、次の最適化収束計算の計算開始点として最適化収束計算の収束結果を確実に用いることができ、この結果、検知体の位置情報および方向情報を算出する最適化収束計算の誤差値が発散した際に、この最適化収束計算の収束状態を短時間に復帰できるという効果を奏する。

10

【 0 0 2 8 】

また、本発明にかかる位置検出装置では、位置算出部が、検知体の磁界情報の測定値と理論値との誤差を表す評価関数を用いて最適化収束計算を実行して、前記検知体の少なくとも位置を算出し、閾値記憶部が、前記磁界情報の測定値に関する閾値を記憶し、制御部が、前記磁界情報の測定値と前記閾値とを比較して前記磁界情報の測定値と前記閾値との大小を判定し、前記磁界情報の測定値が前記閾値以上である場合、前記位置算出部の最適化収束計算を許可し、前記磁界情報の測定値が前記閾値未満である場合、前記位置算出部の最適化収束計算を禁止する。このため、位置検出が可能な空間内に検知体が存在しない状態において位置算出部の最適化収束計算を停止することができ、これによって、最適化収束計算の実行に消費される装置電力を削減できるという効果を奏する。また、位置検出が可能な空間内にカプセル型内視鏡が存在しない状態において位置算出部の最適化収束計算を実行しないため、誤差の大きい検知体の位置を算出して最適化収束計算の誤差値が発散するという事態を防止でき、これによって、次の最適化収束計算の際に、誤差の大きい計算開始点を設定することが無くなり、この結果、誤差値が収束した後の正常な最適化収束計算を実行した際に間違えて誤差値を発散させるという事態を防止できるという効果を奏する。

20

30

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 9 】

【図 1】図 1 は、本発明の実施の形態 1 にかかるカプセル誘導システムの一構成例を模式的に示すブロック図である。

【図 2】図 2 は、実施の形態 1 にかかる位置検出装置の制御部が実行する処理手順を例示するフローチャートである。

【図 3】図 3 は、実施の形態 1 にかかる位置検出装置の制御部が最終収束情報の更新処理を達成するまでの処理手順を例示するフローチャートである。

40

【図 4】図 4 は、実施の形態 1 にかかる位置検出装置の制御部が最適化収束計算の収束状態の復帰処理を達成するまでの処理手順を例示するフローチャートである。

【図 5】図 5 は、最適化収束計算の最終収束情報の更新処理と収束状態の復帰処理とを具体的に説明するための模式図である。

【図 6】図 6 は、本発明の実施の形態 2 にかかるカプセル誘導システムの一構成例を模式的に示すブロック図である。

【図 7】図 7 は、実施の形態 2 にかかる位置検出装置の制御部が最適化収束計算の収束状態の復帰処理を達成するまでの処理手順を例示するフローチャートである。

【図 8】図 8 は、本発明の実施の形態 3 にかかるカプセル誘導システムの一構成例を模式的に示すブロック図である。

50

【図 9】図 9 は、本発明の実施の形態 4 にかかるカプセル誘導システムの一構成例を模式的に示すブロック図である。

【図 10】図 10 は、磁界強度検出値と閾値との比較結果に応じて最適化収束計算を許可または禁止する際の位置検出装置の処理手順を例示するフローチャートである。

【図 11】図 11 は、検知体であるカプセル型内視鏡の一構成例を示す模式図である。

【図 12】図 12 は、カプセル型内視鏡に内蔵された磁界発生部の回路構成の一例を示す模式図である。

【符号の説明】

【 0 0 3 0 】

1, 21, 31, 41 カプセル誘導システム

10

2, 22, 32 カプセル型内視鏡

2a 磁石

2b 磁界発生部

2c LC マーカ

3 受信装置

3a 受信アンテナ

4 磁気誘導装置

5 磁界発生部

6 コイル用電源部

7 操作部

20

8 磁界制御部

9 画像表示装置

10, 23, 34, 43 位置検出装置

11 磁界検出部

12 検出コイル

13 位置算出部

14 入力部

15 記憶部

15a 収束結果情報

15b 領域情報

30

16, 27, 38, 46 制御部

16a 収束判定部

16b 領域判定部

16c 更新処理部

24, 35a, 35b ドライブコイル群

25, 36 コイル選択部

26, 37 コイル用電源部

32b 検出コイル

45 閾値記憶部

46d レベル判定部

40

46e 出力部

51 カプセル型筐体

52a 共振用コイル

52b 共振用コンデンサ

52c 発振駆動回路

52d 磁界発生部用電池

52e スイッチング素子

52f 水晶発振回路

53 撮像部

54 信号処理部

50

5 5 無線送信部
5 6 アンテナコイル
5 7 内視鏡用電池
A 0 3次元空間
A 1, A 4 判定領域
A 2 内側領域
A 3 位置ばらつき範囲
P 0, P 1, P 2 位置

【発明を実施するための最良の形態】

【0031】

10

以下、この発明を実施するための最良の形態である位置検出装置について説明する。なお、以下では、本発明にかかる位置検出装置の一例として、被検体の体内画像を撮像するカプセル型内視鏡（カプセル型医療装置の一例）を磁気誘導するカプセル誘導システムに用いられた位置検出装置を例示するが、この実施の形態によって本発明が限定されるものではない。

【0032】

（実施の形態1）

図1は、本発明の実施の形態1にかかるカプセル誘導システム1の一構成例を模式的に示すブロック図である。図1に示すように、この実施の形態1にかかるカプセル誘導システム1は、被検体の体内画像を撮像するカプセル型内視鏡2と、カプセル型内視鏡2から体内画像を受信する受信装置3と、被検体内部に導入されたカプセル型内視鏡2を磁気誘導する磁気誘導装置4と、この被検体内部のカプセル型内視鏡2が撮像した体内画像等を表示する画像表示装置9と、この被検体内部におけるカプセル型内視鏡2の位置および方向を検出する位置検出装置10と、を備える。

20

【0033】

カプセル型内視鏡2は、位置検出装置10によって位置および方向が検出される検知体の一例であり、被検体の体内画像を取得するカプセル型医療装置である。具体的には、カプセル型内視鏡2は、カプセル型筐体の内部に撮像機能および無線通信機能を有し、患者等の被検体（図示せず）の消化管内部に導入される。かかるカプセル型内視鏡2は、この被検体の消化管内部を移動しつつ体内画像を順次撮像し、取得した体内画像を含む画像信号を被検体外部の受信装置3に順次無線送信する。また、カプセル型内視鏡2は、磁気誘導装置4による磁気誘導を可能にするための磁石2aと、位置検出装置10による位置および方向の検出処理に用いられる磁界を発生させる磁界発生部2bとをカプセル型筐体内部に備える。磁石2aは、永久磁石等の磁性体または電磁石によって実現され、磁気誘導装置4が形成した磁界に追従して動作する。カプセル型内視鏡2は、かかる磁石2aの作用によって動作し、この結果、磁気誘導装置4によって磁気誘導される。一方、磁界発生部2bは、コイル等を用いて実現され、カプセル型内視鏡2の外部に磁界を発生する。かかる磁界発生部2bによって発生した磁界は、後述する位置検出装置10の磁界検出部11によって検出される。

30

【0034】

40

受信装置3は、複数の受信アンテナ3aを有し、これら複数の受信アンテナ3aを介してカプセル型内視鏡2から被検体の体内画像を受信する。具体的には、複数の受信アンテナ3aは、上述したカプセル型内視鏡2を消化管内部に導入する被検体の体表面上に分散配置され、この消化管に沿って移動する（もしくは磁気誘導される）カプセル型内視鏡2からの無線信号を捕捉する。受信装置3は、かかる複数の受信アンテナ3aを介してカプセル型内視鏡2からの無線信号を受信し、この受信した無線信号に対して所定の復調処理等を行って、この無線信号に含まれる画像信号を抽出する。なお、かかる受信装置3によって抽出された画像信号は、上述したカプセル型内視鏡2が撮像した体内画像を含む信号である。かかる受信装置3は、この体内画像の画像信号を画像表示装置9に送出する。

【0035】

50

磁気誘導装置 4 は、上述したようにカプセル型内視鏡 2 を磁気誘導するためのものであり、被検体内部のカプセル型内視鏡 2 を誘導するための磁界を発生する磁界発生部 5 と、磁界発生部 5 のコイル（電磁石）に電流を供給するコイル用電源部 6 と、カプセル型内視鏡 2 の磁気誘導を操作するための操作部 7 と、磁界発生部 5 が発生させる磁界の強度および方向を制御する磁界制御部 8 とを備える。

【0036】

磁界発生部 5 は、ヘルムホルツコイル等の電磁石を複数組み合わせることで実現され、被検体内部のカプセル型内視鏡 2 を誘導可能な磁界を発生する。具体的には、磁界発生部 5 は、直交する 3 軸（X 軸、Y 軸、Z 軸）による 3 軸直交座標系（以下、絶対座標系という）が規定され、かかる絶対座標系の各軸方向（X 軸方向、Y 軸方向、Z 軸方向）に対して所望強度の磁界を各々発生する。磁界発生部 5 は、絶対座標系の 3 次元空間 A 0 の内部（すなわち磁界発生部 5 の複数の電磁石によって囲まれた空間内部）に、この絶対座標系の各軸方向の磁界によって形成される 3 次元の磁界を形成し、この 3 次元空間 A 0 の内部に移動したベッド上の被検体（図示せず）の内部に位置するカプセル型内視鏡 2 内部の磁石 2 a に対して、かかる磁界を印加する。磁界発生部 5 は、かかる磁界によってカプセル型内視鏡 2 を磁気誘導する。かかる磁界発生部 5 が発生する絶対座標系の各軸方向の磁界（すなわち回転磁界および勾配磁界）は、コイル用電源部 6 から供給される電流（コイル用電源部 6 からの通電量）によって制御される。

【0037】

なお、かかる絶対座標系は、上述したように磁界発生部 5 に対して規定した（すなわち磁界発生部 5 に固定された）3 軸直交座標系であってもよいが、カプセル型内視鏡 2 を消化管内部に含む被検体（図示せず）に対して固定される 3 軸直交座標系であってもよいし、この被検体を載置するベッド（図示せず）に対して固定される 3 軸直交座標系であってもよい。

【0038】

コイル用電源部 6 は、被検体内部のカプセル型内視鏡 2 の磁気誘導を実現する磁界を形成するための電流を磁界発生部 5 に供給する。かかるコイル用電源部 6 は、磁界発生部 5 を形成する複数のコイル（図示せず）に対応して複数の電源部を有し、磁界制御部 8 の制御に基づいて、磁界発生部 5 の各コイルに交流電流を各々供給し、上述した絶対座標系の各軸方向の磁界を発生させる。

【0039】

操作部 7 は、レバーおよび入力ボタン等の入力デバイスを用いて実現される。操作部 7 は、医師または看護師等のユーザによる入力操作に対応して、カプセル型内視鏡 2 の磁気誘導を指示する指示情報を磁界制御部 8 に入力する。

【0040】

磁界制御部 8 は、操作部 7 によって入力された指示情報に基づいて、磁界発生部 5 に対するコイル用電源部 6 の通電量を制御し、このコイル用電源部 6 の制御を通して、上述した 3 次元の磁界を発生する磁界発生部 5 の磁界発生動作を制御する。この場合、磁界制御部 8 は、後述する位置検出装置 10 の制御部 16 から被検体内部におけるカプセル型内視鏡 2 の現在位置および現在方向の各情報を含む位置方向情報を取得し、この取得した位置方向情報に基づいて、カプセル型内視鏡 2 に印加する磁界の強度および方向を決定する。かかる磁界制御部 8 は、被検体内部におけるカプセル型内視鏡 2 の現在位置に、上述した操作部 7 からの指示情報によって指示されたカプセル型内視鏡 2 の磁気誘導を実現する強度および方向の磁界を磁界発生部 5 に形成させる。この結果、磁界制御部 8 は、被検体内部における所望の位置または所望の方向へのカプセル型内視鏡 2 の磁気誘導を制御する。

【0041】

また、磁界制御部 8 は、カプセル型内視鏡 2 の磁気誘導を制御した際に磁界発生部 5 が 3 次元空間 A 0 内部（具体的には被検体内部）のカプセル型内視鏡 2 に印加した磁界の強度および方向を磁界強度情報および磁界方向情報として記憶する。磁界制御部 8 は、画像表示装置 9 に送信指示された際、かかる磁界強度情報および磁界方向情報と位置検出装置

10 から取得した位置方向情報とを画像表示装置 9 に送出する。

【0042】

画像表示装置 9 は、カプセル型内視鏡 2 が撮像した被検体の体内画像等の各種情報を表示するためのものであり、上述した受信装置 3 および磁気誘導装置 4 から各種情報を取り込み、取り込んだ各種情報を記憶し且つ表示するワークステーション等のような構成を有する。具体的には、画像表示装置 9 は、受信装置 3 から被検体の体内画像等を取り込み、磁界制御部 8 から磁界強度情報、磁界方向情報、および位置方向情報を取り込む。画像表示装置 9 は、かかる体内画像、磁界強度情報、磁界方向情報、および位置方向情報等の各種情報を画面に表示する。医師または看護師等のユーザは、かかる画像表示装置 9 によって表示された各種情報を確認することによって、被検体の臓器内観察を行うとともに、操作部 7 を用いたカプセル型内視鏡 2 の磁気誘導操作を行う。

10

【0043】

位置検出装置 10 は、上述した絶対座標系の 3 次元空間 A0 の内部に位置する被検体内部におけるカプセル型内視鏡 2 の位置および方向を検出するためのものであり、カプセル型内視鏡 2 から放出された磁界を検出する磁界検出部 11 と、磁界検出部 11 による磁界検出結果をもとにカプセル型内視鏡 2 の位置および方向を算出する位置算出部 13 と、各種情報を入力する入力部 14 と、各種情報を記憶する記憶部 15 と、かかる位置検出装置 10 の各構成部を制御する制御部 16 と備える。

【0044】

磁界検出部 11 は、複数の検出コイル 12 を有し、カプセル型内視鏡 2 に内蔵された磁界発生部 2b によって発生した磁界を複数の検出コイル 12 によって検出する。具体的には、複数の検出コイル 12 は、例えばマトリックス状に配列され、この磁界発生部 2b からの磁界（交番磁界）を電圧に変換して各々検出する。磁界検出部 11 は、かかる各検出コイル 12 の電圧検出値 $Vd_1, \dots, Vd_n$ (n は検出コイル 12 の配置数) と比例係数とを用いた所定の演算処理を行って、各検出コイル 12 による磁界強度の測定値である磁界強度検出値 $Bd_1, \dots, Bd_n$ を取得する。磁界検出部 11 は、かかる磁界強度検出値 $Bd_1, \dots, Bd_n$ を各検出コイルの磁界検出結果（検知体の磁界情報の一例）として制御部 16 に送出する。

20

【0045】

なお、かかる各検出コイル 12 の磁界検出結果は、3 次元空間 A0 におけるカプセル型内視鏡 2 の位置方向情報（詳細には、カプセル型内視鏡 2 の位置座標 $r_c(x, y, z)$ と位置座標 $r_c(x, y, z)$ における磁気ダイポールモーメント $M(m_x, m_y, m_z)$ との計 6 変数) の算出処理に用いられる。このため、検出コイル 12 の配置数は、6 以上であることが望ましい。

30

【0046】

位置算出部 13 は、絶対座標系の 3 次元空間 A0 におけるカプセル型内視鏡 2 の位置および方向を算出する演算処理部として機能する。具体的には、位置算出部 13 は、制御部 16 の制御に基づいて、カプセル型内視鏡 2 の位置座標 r_c および磁気ダイポールモーメント M を仮設定し、この仮設定した位置座標 r_c および磁気ダイポールモーメント M を用いて、各検出コイル 12 の磁界検出結果の理論値（以下、磁界強度理論値という）を算出する。また、位置算出部 13 は、制御部 16 を介して各検出コイル 12 の磁界強度検出値 $Bd_1, \dots, Bd_n$ を取得する。位置算出部 13 は、制御部 16 の制御に基づいて、かかる各検出コイル 12 の磁界検出結果の測定値（すなわち磁界強度検出値 $Bd_1, \dots, Bd_n$ ）と磁界強度理論値との誤差を表す評価関数を作成し、この作成した評価関数に基づいた最適化収束計算を実行して、カプセル型内視鏡 2 の位置および方向を算出する。この場合、位置算出部 13 は、かかる最適化収束計算の誤差値が最小化された際の仮の位置座標 r_c および仮の磁気ダイポールモーメント M をもとに、カプセル型内視鏡 2 の位置方向情報を算出する。その後、位置算出部 13 は、この誤差値が最小化された際の最適化収束計算の結果、すなわちカプセル型内視鏡 2 の位置方向情報を制御部 16 に送出する。この場合、位置算出部 13 は、かかる最適化収束計算の結果であるカプセル型内視鏡 2 の

40

50

位置方向情報として、位置座標 r_c および磁気ダイポールモーメント M の各成分をベクトル成分として含むベクトル $p(x, y, z, m_x, m_y, m_z)$ の情報を制御部 16 に送出する。

【0047】

入力部 14 は、キーボードおよびマウス等の入力デバイスを用いて実現され、医師または看護師等のユーザによる入力操作に応じて、制御部 16 に各種情報を入力する。かかる入力部 14 が制御部 16 に入力する各種情報として、例えば、制御部 16 に対して指示する指示情報、カプセル型内視鏡 2 の仮の位置方向情報等が挙げられる。なお、この仮の位置方向情報は、上述した位置算出部 13 が磁界強度理論値を算出する際に必要な位置座標 r_c および磁気ダイポールモーメント M の初期値であり、具体的にはベクトル $p(x, y, z, m_x, m_y, m_z)$ の仮設定値である。

10

【0048】

記憶部 15 は、RAM、EEPROM、フラッシュメモリ、またはハードディスク等の書き換え可能に情報を保存する各種記憶メディアを用いて実現される。記憶部 15 は、制御部 16 が記憶指示した各種情報を記憶し、記憶した各種情報の中から制御部 16 が読み出し指示した情報を制御部 16 に送出する。具体的には、記憶部 15 は、上述した最適化収束計算の収束結果情報 15a と位置検出装置 10 の検出空間に関する領域情報 15b とを記憶する。

【0049】

収束結果情報 15a は、位置算出部 13 が実行した最適化収束計算の収束結果であり、少なくとも最終収束結果（時系列的に最新の収束結果）を含む。なお、ここでいう収束結果は、位置算出部 13 が実行した最適化収束計算のうち、最適化収束計算の誤差値が所定の閾値以下に収束した最適化収束計算の結果である。一方、領域情報 15b は、位置検出装置 10 の検出空間内に設定される判定領域および内側領域を各々特定する座標情報である。なお、この検出空間は、上述した絶対座標系の 3 次元空間 A_0 のうちの位置検出装置 10 が検知体（例えばカプセル型内視鏡 2）の位置および方向を検出可能な範囲の空間である。また、この判定領域は、かかる位置検出装置 10 の検出空間内に設定される領域であって上述した収束結果の信頼性が高い（収束結果に基づく位置方向情報とカプセル型内視鏡 2 の実際の現在位置および現在方向との誤差が小さい）領域である。この内側領域は、位置検出装置 10 の位置検出精度を加味して判定領域内に設定される領域であって、最適化収束計算によって算出されるカプセル型内視鏡 2 の位置ばらつき範囲を判定領域内に確実に収める領域である。

20

30

【0050】

制御部 16 は、位置検出装置 10 の各構成部（磁界検出部 11、位置算出部 13、入力部 14、および記憶部 15）の動作を制御し、且つ、かかる各構成部間における信号の入出力を制御する。具体的には、制御部 16 は、入力部 14 によって入力された指示情報に基づいて磁界検出部 11 からの情報入力および位置算出部 13 による位置方向情報の算出処理を制御して、検知体であるカプセル型内視鏡 2 の位置方向情報の検出を制御する。

【0051】

また、制御部 16 は、位置算出部 13 による最適化収束計算の結果が収束したか否かを判定する収束判定部 16a と、3 次元空間 A_0 内におけるカプセル型内視鏡 2 の存在領域を判定する領域判定部 16b と、最適化収束計算の収束結果等の情報を更新する更新処理部 16c とを有する。

40

【0052】

収束判定部 16a は、上述した位置算出部 13 が実行した最適化収束計算の結果を取得し、この取得した最適化収束計算の結果が収束したか否かを判定する。制御部 16 は、かかる収束判定部 16a によって収束状態と判定された最適化収束計算の結果（すなわち収束結果）を収束結果情報 15a の一部として記憶部 15 に記憶させる。なお、かかる最適化収束計算の収束結果として、例えば、上述したカプセル型内視鏡 2 の位置座標 r_c および磁気ダイポールモーメント M の各ベクトル成分を含むベクトル $p(x, y, z, m_x,$

50

m_y, m_z) の情報が挙げられる。

【0053】

領域判定部 16b は、位置算出部 13 が最適化収束計算によって算出したカプセル型内視鏡 2 の位置が判定領域内であるか否かを判定し、さらには、領域判定部 16b は、かかるカプセル型内視鏡 2 の位置が内側領域内であるか否かを判定する。ここで、制御部 16 は、上述した絶対座標系の 3 次元空間 A0 内に、カプセル型内視鏡 2 の位置および方向を検出するための空間である位置検出装置 10 の検出空間を設定し、この設定した検出空間内に、上述した判定領域を設定する。また、制御部 16 は、この判定領域内に、位置検出装置 10 の位置検出精度を加味して上述した内側領域を設定する。領域判定部 16b は、かかる判定領域または内側領域の各座標情報と位置方向情報とをもとに、この位置方向情報（具体的にはベクトル p ）によって示されるカプセル型内視鏡 2 の位置が判定領域内あるいは内側領域内であるか否かを判定する。なお、制御部 16 は、かかる判定領域を規定する複数の座標情報および内側領域を規定する複数の座標情報を上述した領域情報 15b の一部として記憶部 15 に記憶させる。

10

【0054】

更新処理部 16c は、上述した最適化収束計算の最終収束結果を更新する。具体的には、更新処理部 16c は、収束判定部 16a が収束状態であると判定した最適化収束計算の結果（収束結果）を現時点における最終収束結果とし、収束判定部 16a 収束状態であると判定する都度、得られた最新の収束結果を順次最終収束結果に更新する。なお、制御部 16 は、かかる更新処理部 16c によって定義された最終収束結果を上述した収束結果情報 15a の一部として記憶部 15 に記憶させる。一方、更新処理部 16c は、上述した判定領域を必要に応じて拡張し、この拡張した判定領域を最終の判定領域として更新する。

20

【0055】

つぎに、本発明の実施の形態 1 にかかる位置検出装置 10 の動作について説明する。図 2 は、実施の形態 1 にかかる位置検出装置 10 の制御部 16 が実行する処理手順を例示するフローチャートである。位置検出装置 10 が被検体内部におけるカプセル型内視鏡 2 の位置方向情報を検出する場合、制御部 16 は、磁界検出部 11 からの情報入力および位置算出部 13 の各種演算処理を制御して、カプセル型内視鏡 2 の位置方向情報の検出を制御する。

【0056】

具体的には、図 2 に示すように、制御部 16 は、入力部 14 によって入力された初期の位置方向情報を取得し（ステップ S101）、位置算出部 13 の最適化収束計算の収束計算回数を零値に初期化する（ステップ S102）。なお、この初期の位置方向情報は、例えば 3 次元空間 A0 内（具体的には被検体内部）におけるカプセル型内視鏡 2 の初期的な位置を参考にして仮に設定された初期情報であり、仮のベクトル p の情報を含む。制御部 16 は、かかる初期の位置方向情報を位置算出部 13 に送出する。

30

【0057】

つぎに、制御部 16 は、磁界検出部 11 から各検出コイル 12 の磁界強度検出値 B_{d1} , B_{dn} を取得する（ステップ S103）。このステップ S103 において、制御部 16 は、 n 個の検出コイル 12 の各々について所定の平均回数分の磁界強度検出値を取得し、かかる平均回数分の磁界強度検出値 B_{d1} , B_{dn} を検出コイル毎に移動平均処理する。制御部 16 は、かかる移動平均処理によって、磁界強度検出値 B_{d1} , B_{dn} に含まれるカプセル型内視鏡 2 の位置ばらつきの要素を軽減することができる。制御部 16 は、かかる移動平均化した各検出コイル 12 の磁界強度検出値 B_{d1} , B_{dn} を位置算出部 13 に送出する。

40

【0058】

なお、制御部 16 は、かかる移動平均処理を実行する際、 n 個の検出コイル 12 の各磁界強度検出値 B_{d1} , B_{dn} の中から、位置算出部 13 による最適化収束計算に用いられる必要数（例えば 6 つ以上）の各検出コイル 12 の磁界強度検出値を選択し、選択した各磁界強度検出値について移動平均処理を各々実行してもよい。

50

【 0 0 5 9 】

続いて、制御部 1 6 は、最適化収束計算に用いられる各磁界強度検出値に対応する各検出コイル 1 2 の磁界強度理論値を位置算出部 1 3 に算出させる（ステップ S 1 0 4）。このステップ S 1 0 4 において、制御部 1 6 は、カプセル型内視鏡 2 の仮の位置方向情報を示す仮のベクトル $p(x, y, z, mx, my, mz)$ と各検出コイル 1 2 の位置座標 r_{si} (i は 1 ~ n の整数) とを位置算出部 1 3 に送出する。なお、かかる仮のベクトル p は、位置算出部 1 3 の収束計算回数が 1 回目である場合、上述したステップ S 1 0 1 において入力された初期の位置方向情報であり、位置算出部 1 3 の収束計算回数が 2 回目以降である場合、以前の最適化収束計算による最終収束結果である。位置算出部 1 3 は、制御部 1 6 の制御に基づいて、かかる仮のベクトル p と各検出コイル 1 2 の位置座標 r_{si} とをもとに各検出コイル 1 2 の磁界強度検出理論値を算出する。

10

【 0 0 6 0 】

具体的には、位置算出部 1 3 は、かかる制御部 1 6 から取得した仮のベクトル p をもとに、3 次元空間 A 0 におけるカプセル型内視鏡 2 の位置座標 $r_c(x, y, z)$ と、この位置座標における磁気ダイポールモーメント $M(mx, my, mz)$ とを仮設定する。そして、位置算出部 1 3 は、この位置座標 $r_c(x, y, z)$ と i 番目の検出コイル 1 2 の位置座標 $r_{si}(x_i, y_i, z_i)$ との距離ベクトル $r_i(x_i - x, y_i - y, z_i - z)$ を算出する。なお、この i 番は、上述した複数の検出コイル 1 2 の各々を特定する番号であり、1 ~ n の整数である。位置算出部 1 3 は、かかる磁気ダイポールモーメント M と位置座標 r_c と距離ベクトル r_i とを用いて磁界強度理論値 B_i を算出する。この磁界強度理論値 B_i は、 i 番目の検出コイル 1 2 が磁気ダイポールモーメント M による磁界（具体的には磁界発生部 2 b による磁界）を検出する場合の磁気検出結果の理論値であり、次式 (1) に基づいて算出される。位置算出部 1 3 は、式 (1) に基づいた演算処理を繰り返し実行して、1 ~ n 番目の各検出コイル 1 2 の磁界強度理論値 $B_1, \dots, B_n$ を算出する。

20

【 0 0 6 1 】

【 数 1 】

$$B_i = \frac{1}{4\pi} \left\{ \frac{3(M \cdot r_i)}{r_i^5} r_i - \frac{M}{r_i^3} \right\} \quad \dots(1)$$

【 0 0 6 2 】

つぎに、制御部 1 6 は、上述した各検出コイル 1 2 の磁界強度検出値と磁界強度理論値との誤差を表す評価関数を位置算出部 1 3 に作成させ（ステップ S 1 0 5）、この作成した評価関数に基づいた最適化収束計算を位置算出部 1 3 に実行させる（ステップ S 1 0 6）。この場合、位置算出部 1 3 は、制御部 1 6 の制御に基づいて、各検出コイル 1 2 の磁界強度検出値 $B_{di}, \dots, B_{dn}$ と磁界強度理論値 $B_1, \dots, B_n$ との誤差（例えば二乗誤差）を表す評価関数を作成する。かかる位置算出部 1 3 が作成する評価関数は、次式 (2) によって表される。

【 0 0 6 3 】

【 数 2 】

$$\sum_{i=1}^n (B_{di} - B_i(p))^2 = 0 \quad \dots(2)$$

40

【 0 0 6 4 】

位置算出部 1 3 は、制御部 1 6 の制御のもと、この式 (2) によって表される評価関数に基づいた最適化収束計算を実行して、カプセル型内視鏡 2 の位置および方向を算出する。この場合、位置算出部 1 3 は、かかる最適化収束計算の誤差値が最小化された際の仮の位置座標 r_c および仮の磁気ダイポールモーメント M をベクトル成分として含むベクトル $p(x, y, z, mx, my, mz)$ を、カプセル型内視鏡 2 の位置方向情報として算出する。

50

【 0 0 6 5 】

その後、制御部 1 6 は、かかる位置算出部 1 3 による最適化収束計算の結果が収束したか否かを判定する（ステップ 1 0 7）。このステップ S 1 0 7 において、収束判定部 1 6 a は、位置算出部 1 3 から最適化収束計算の誤差値を取得し、この誤差値と所定の閾値とを比較する。収束判定部 1 6 a は、この誤差値が閾値に比して大きい場合、この最適化収束計算の結果が収束していない（すなわち発散状態である）と判定する。

【 0 0 6 6 】

制御部 1 6 は、位置算出部 1 3 による最適化収束計算の結果が収束していない場合（ステップ S 1 0 7, No）、この最適化収束計算の実行回数が所定の収束計算回数を超えたか否かを判定する（ステップ S 1 0 8）。制御部 1 6 は、この最適化収束計算の実行回数が所定の収束計算回数以下である、すなわち位置算出部 1 3 に規定の収束計算回数分の最適化収束計算を実行させていない場合（ステップ S 1 0 8, No）、仮設定した位置方向情報を修正する（ステップ S 1 0 9）。このステップ S 1 0 9 において、制御部 1 6 は、かかる仮の位置方向情報を示す仮のベクトル p の各変数（すなわちベクトル成分）を修正し、この修正後の仮のベクトル p を次の最適化収束計算の計算開始点とする。その後、制御部 1 6 は、位置算出部 1 3 の収束計算回数をインクリメントして（ステップ S 1 1 0）、上述したステップ S 1 0 4 に戻り、このステップ S 1 0 4 以降の処理手順を繰り返す。

【 0 0 6 7 】

一方、上述したステップ S 1 0 7 において、収束判定部 1 6 a は、位置算出部 1 3 による最適化収束計算の誤差値が所定の閾値以下である場合、この最適化収束計算の結果が収束した（すなわち最適化収束計算の誤差値が収束状態である）と判定する。制御部 1 6 は、最適化収束計算の結果が収束した場合（ステップ S 1 0 7, Yes）、この最適化収束計算の結果が判定領域内で収束したか否かを判定する（ステップ S 1 1 1）。

【 0 0 6 8 】

このステップ S 1 1 1 において、領域判定部 1 6 b は、この最適化収束計算の収束結果に基づくベクトル p によって示されるカプセル型内視鏡 2 の位置座標が判定領域内の位置座標であるか否かを判定し、かかるカプセル型内視鏡 2 の位置座標が判定領域内である場合、この最適化収束計算の結果が判定領域内で収束したと判定し、判定領域外である場合、この最適化収束計算の結果が判定領域外で擬収束した（すなわち最適化収束計算の結果が発散状態である）と判定する。制御部 1 6 は、この最適化収束計算の結果が判定領域内で収束した場合（ステップ S 1 1 1, Yes）、位置算出部 1 3 による最適化収束計算の最終収束情報を更新する（ステップ S 1 1 2）。なお、かかる最適化収束計算の最終収束情報は、収束結果に基づいたベクトル p（カプセル型内視鏡 2 の位置方向情報）、収束結果が得られた際の判定領域等である。一方、制御部 1 6 は、この最適化収束計算の結果が判定領域外で擬収束した場合、この最適化収束計算の発散状態を収束状態に復帰する復帰処理を実行する（ステップ S 1 1 3）。

【 0 0 6 9 】

かかる制御部 1 6 は、ステップ S 1 1 2 または S 1 1 3 を実行した後、処理を終了するか否かを判断し（ステップ S 1 1 4）、終了しない場合（ステップ S 1 1 4, No）、上述したステップ S 1 0 2 に戻り、このステップ S 1 0 2 以降の処理手順を繰り返す。一方、制御部 1 6 は、例えば入力部 1 4 によって処理終了を指示する指示情報が入力された場合、処理終了と判断し（ステップ S 1 1 4, Yes）、本処理を終了する。

【 0 0 7 0 】

一方、上述したステップ S 1 0 8 において、制御部 1 6 は、最適化収束計算の実行回数が所定の収束計算回数を超えた場合（ステップ S 1 0 8, Yes）、上述したステップ S 1 1 1 に進み、このステップ S 1 1 1 以降の処理手順を繰り返す。この場合、収束判定部 1 6 a は、このステップ S 1 0 8 において最適化収束計算の実行回数が所定の収束計算回数を超えたことに基づき、この最適化収束計算の結果が収束していない（すなわち最適化収束計算の誤差値が発散状態である）と判定する。このため、制御部 1 6 は、その後のス

ステップ S 1 1 1 において、この最適化収束計算の結果が判定領域内で収束していないと判断し（ステップ S 1 1 1 , N o ）、ステップ S 1 1 3 に進み、このステップ S 1 1 3 以降の処理手順を繰り返す。

【 0 0 7 1 】

つぎに、上述した最終収束情報の更新処理（ステップ S 1 1 2 ）について説明する。図 3 は、実施の形態 1 にかかる位置検出装置 1 0 の制御部 1 6 が最終収束情報の更新処理を達成するまでの処理手順を例示するフローチャートである。図 3 に示すように、制御部 1 6 は、位置算出部 1 3 による最適化収束計算の結果が判定領域内で収束した場合、この最適化収束計算の収束結果に基づくベクトル p によって示されるカプセル型内視鏡 2 の位置（以下、収束点という）が内側領域内であるか否かをさらに判定する（ステップ S 2 0 1 ）。このステップ S 2 0 1 において、領域判定部 1 6 b は、記憶部 1 5 内の領域情報 1 5 b から内側領域を規定する複数（例えば立方体の角 8 点）の座標情報を読み出し、この読み出した内側領域の座標情報とベクトル p のベクトル成分とをもとに、この収束点が内側領域内であるか否かを判定する。

10

【 0 0 7 2 】

制御部 1 6 は、この収束点が内側領域内である場合（ステップ S 2 0 1 , Y e s ）、この内側領域の外側に設定された判定領域を維持する（ステップ S 2 0 2 ）。すなわち、制御部 1 6 は、最適化収束計算によって算出されたカプセル型内視鏡 2 の位置座標が内側領域内である場合、現時点における判定領域の座標情報を維持してこの判定領域を変更しない。

20

【 0 0 7 3 】

一方、制御部 1 6 は、最適化収束計算の収束結果に基づいた収束点が内側領域外である場合（ステップ S 2 0 1 , N o ）、この内側領域の外側の判定領域を拡張して（ステップ S 2 0 3 ）、判定領域を更新する（ステップ S 2 0 4 ）。かかるステップ S 2 0 3 , S 2 0 4 において、更新処理部 1 6 c は、位置検出装置 1 0 の位置検出精度（具体的には、カプセル型内視鏡 2 の収束点の位置ばらつき範囲）に対応して判定領域を拡張し、この収束点の位置ばらつき範囲を領域内に収める態様の判定領域を設定する。更新処理部 1 6 c は、かかる拡張した判定領域を最終の判定領域として更新する。かかる更新後の最終の判定領域を規定する座標情報は、領域情報 1 5 b の一部として記憶部 1 5 に記憶される。

【 0 0 7 4 】

30

かかるステップ S 2 0 2 または S 2 0 4 の処理手順を実行した制御部 1 6 は、この収束点を算出した最適化収束計算の収束結果（具体的には、この収束点を示すベクトル p ）を最終収束結果として更新し（ステップ S 2 0 5 ）、上述したステップ S 1 1 2 にリターンする。なお、かかる更新後の最終収束結果は、収束結果情報 1 5 a の一部として記憶部 1 5 に記憶される。かかる最終収束結果に対応するベクトル p は、次の最適化収束計算の計算開始点に用いられる。

【 0 0 7 5 】

つぎに、上述した最適化収束計算の収束状態の復帰処理（ステップ S 1 1 3 ）について説明する。図 4 は、実施の形態 1 にかかる位置検出装置 1 0 の制御部 1 6 が最適化収束計算の収束状態の復帰処理を達成するまでの処理手順を例示するフローチャートである。

40

【 0 0 7 6 】

図 4 に示すように、制御部 1 6 は、位置算出部 1 3 による最適化収束計算の結果が判定領域内で収束していない場合、まず、この最適化収束計算に用いた各検出コイル 1 2 の磁界強度検出値を新たに取得して、最適化収束計算に用いる各磁界強度検出値を更新し（ステップ S 3 0 1 ）、上述したステップ S 1 0 3 において各検出コイル 1 2 の磁界強度検出値を取得してから所定の時間が経過していなければ（ステップ S 3 0 2 , N o ）、このステップ S 3 0 1 の処理手順を繰り返す。制御部 1 6 は、かかるステップ S 3 0 1 , S 3 0 2 を所定の時間が経過するまで繰り返すことによって、上述した最適化収束計算等の位置算出部 1 3 の演算処理を所定の時間停止する。

【 0 0 7 7 】

50

ここで、上述した最適化収束計算の結果が発散した場合、この最適化収束計算に用いられた各検出コイル 1 2 の磁界強度検出値は、ノイズ等の外乱による悪影響を受けている可能性がある。制御部 1 6 は、所定の時間、例えば、上述した移動平均処理による磁界強度検出値の平均回数と各検出コイル 1 2 から 1 つの磁界強度検出値を取得するサンプル時間との乗算値に相当する時間が経過するまで、位置算出部 1 3 の演算処理を停止させるとともに各検出コイル 1 2 の磁界強度検出値を古い順に無効化し、これによって、この最適化収束計算の結果が発散した原因である磁界強度検出値を削除することができる。

【 0 0 7 8 】

制御部 1 6 は、かかる所定の時間が経過した場合（ステップ S 3 0 2 , Y e s ）、記憶部 1 5 の収束結果情報 1 5 a の中から位置算出部 1 3 の最終収束結果を読み出し（ステップ S 3 0 3 ）、この読み出した最終収束結果と、ステップ S 3 0 1 において更新された各検出コイル 1 2 の磁界強度検出値（具体的には検出コイル毎に移動平均処理された各磁界強度検出値）とを位置算出部 1 3 に送出する。制御部 1 6 は、かかる各検出コイル 1 2 の磁界強度検出値と最終収束結果（最終の収束点を示すベクトル p ）とを用いた最適化収束計算を位置算出部 1 3 に実行させる（ステップ S 3 0 4）。なお、このステップ S 3 0 4 の最適化収束計算に用い最終収束結果は、上述した判定領域（例えば更新処理部 1 6 c によって拡張される前の判定領域）内に含まれる収束点（ベクトル p ）を示す。

【 0 0 7 9 】

このステップ S 3 0 4 において、位置算出部 1 3 は、最終収束結果として取得したベクトル p をもとに、カプセル型内視鏡 2 の位置座標 $r_c(x, y, z)$ と磁気ダイポールモーメント $M(m_x, m_y, m_z)$ とを仮設定し、この仮設定した位置座標 r_c および磁気ダイポールモーメント M を用いて、上述した式（ 1 ）に基づく磁界強度理論値 $B_1, \dots, B_n$ を算出し直す。そして、位置算出部 1 3 は、かかる算出し直した磁界強度理論値 $B_1, \dots, B_n$ と、上述したステップ S 3 0 1 , S 3 0 2 において取得し直した磁界強度検出値 $B_{d1}, \dots, B_{dn}$ との誤差を表す評価関数（式（ 2 ）参照）を作成し、この作成した評価関数に基づいた最適化収束計算を 1 回実行する。位置算出部 1 3 は、この 1 回の最適化収束計算の結果を制御部 1 6 に送出する。

【 0 0 8 0 】

制御部 1 6 は、ステップ S 3 0 4 において位置算出部 1 3 が実行した最適化収束計算の結果を取得し、この取得した最適化収束計算の結果が判定領域内で収束したか否かを判定する（ステップ S 3 0 5）。このステップ S 3 0 5 において、収束判定部 1 6 a は、この 1 回の最適化収束計算の誤差値が所定の閾値以下に収束しているか否かを判定し、領域判定部 1 6 b は、この 1 回の最適化収束計算によって算出されたベクトル p によって示されるカプセル型内視鏡 2 の位置が判定領域内であるか否かを判定する。制御部 1 6 は、この 1 回の最適化収束計算の結果が判定領域内で収束した場合（ステップ S 3 0 5 , Y e s ）、位置算出部 1 3 による最適化収束計算の発散状態を収束状態に復帰できたことになり、上述したステップ S 1 1 3 にリターンする。

【 0 0 8 1 】

一方、制御部 1 6 は、この 1 回の最適化収束計算の結果が判定領域内で収束していない場合（ステップ S 3 0 5 , N o ）、上述したステップ S 3 0 1 に戻り、このステップ S 3 0 1 以降の処理手順を繰り返す。

【 0 0 8 2 】

なお、この 1 回の最適化収束計算の結果は、この 1 回の最適化収束計算の誤差値が所定の閾値以下に収束し且つこの 1 回の最適化収束計算によって算出されたベクトル p によって示されるカプセル型内視鏡 2 の位置が判定領域内である場合、判定領域内で収束したと判定され、この 1 回の最適化収束計算の誤差値が所定の閾値に比して大きい場合またはこの 1 回の最適化収束計算によって算出されたベクトル p によって示されるカプセル型内視鏡 2 の位置が判定領域外である場合、判定領域内で収束していないと判定される。

【 0 0 8 3 】

つぎに、上述した最適化収束計算の最終収束結果および判定領域を含む最終収束情報の

10

20

30

40

50

更新処理（ステップ S 1 1 2）と収束状態の復帰処理（ステップ S 1 1 3）とを具体的に説明する。図 5 は、最適化収束計算の最終収束情報の更新処理と収束状態の復帰処理とを具体的に説明するための模式図である。図 5 において、位置 P 0 , P 1 , P 2 は、位置算出部 1 3 の最適化収束計算によって順次算出されたカプセル型内視鏡 2 の位置であり、位置 P 2 は、位置 P 1 の次に算出された位置座標であり、位置 P 0 は、位置 P 1 に比して以前に算出された収束点である。

【 0 0 8 4 】

制御部 1 6 は、図 5 に示すように、磁界検出部 1 1 が複数の検出コイル 1 2 によって磁界を正常に検出可能な 3 次元空間内に判定領域 A 1 を設定し、この判定領域 A 1 内（例えば判定領域 A 1 の中央部を含む領域）に、カプセル型内視鏡 2 の位置ばらつき範囲 A 3 を考慮して内側領域 A 2 を設定する。この場合、内側領域 A 2 は、かかるカプセル型内視鏡 2 の位置ばらつき範囲 A 3 を判定領域 A 1 内に確実に収めることが可能な領域である。すなわち、内側領域 A 2 内のカプセル型内視鏡 2 の位置（例えば位置 P 1）は、位置ばらつき範囲 A 3 を含めて確実に判定領域 A 1 内に収まる。これは、内側領域 A 2 内のカプセル型内視鏡 2 の位置を突然検出できなくなる可能性が低いことを意味している。

【 0 0 8 5 】

ここで、制御部 1 6 は、カプセル型内視鏡 2 の位置 P 1 を算出した際の最適化収束計算の結果が判定領域 A 1 内で収束しているか否かを判定する。この場合、収束判定部 1 6 a は、この位置 P 1 に対応する最適化収束計算の誤差値が所定の閾値以下に収束しているか否かを判定し、領域判定部 1 6 b は、この位置 P 1 が判定領域 A 1 内であるか否かを判定する。かかる収束判定部 1 6 a および領域判定部 1 6 b によってこの最適化収束計算の結果が収束していると判定され且つこの位置 P 1 が判定領域 A 1 内であると判定された場合、制御部 1 6 は、この位置 P 1 に対応する最適化収束計算が判定領域 A 1 内で収束したと判断し、この位置 P 1 をカプセル型内視鏡 2 の収束点として取得する。

【 0 0 8 6 】

この位置 P 1 が判定領域 A 1 内の収束点である場合、領域判定部 1 6 b は、この位置 P 1 が内側領域 A 2 内の収束点であるか否かをさらに判定する。ここで、この位置 P 1 が図 5 に示すように内側領域 A 2 内の位置座標である場合、領域判定部 1 6 b は、この位置 P 1 を内側領域 A 2 内の収束点であると判定する。この場合、制御部 1 6 は、この判定領域 A 1 を維持し、更新処理部 1 6 c は、この位置 P 1 を示すベクトル $p(x, y, z, mx, my, mz)$ を最終収束結果に更新する。

【 0 0 8 7 】

制御部 1 6 は、かかる位置 P 1 の次の位置 P 2 を位置算出部 1 3 に算出させる際、この位置 P 1 に対応する最終収束結果（ベクトル p ）を次の最適化収束計算の計算開始点にする。位置算出部 1 3 は、かかる位置 P 1 に対応する最終収束結果を用いてカプセル型内視鏡 2 の位置座標 r_c および磁気ダイポールモーメント M を仮設定して、上述した式（1）に基づく磁界強度理論値 $B_1, \dots, B_n$ を算出する。また、位置算出部 1 3 は、この算出した磁界強度理論値 $B_1, \dots, B_n$ と各検出コイル 1 2 の磁界強度検出値 $B_{d1}, \dots, B_{dn}$ とを用いて評価関数（式（2）参照）を作成し、この作成した評価関数に基づいた最適化収束計算を実行して、カプセル型内視鏡 2 の位置 P 2 を示すベクトル p を算出する。

【 0 0 8 8 】

ここで、制御部 1 6 は、カプセル型内視鏡 2 の位置 P 2 についても、上述した位置 P 1 の場合と同様に最適化収束計算の結果が判定領域 A 1 内で収束しているか否かを判定する。具体的には、制御部 1 6 は、収束判定部 1 6 a によって今回の最適化収束計算の結果が収束していると判定され且つ領域判定部 1 6 b によってこの位置 P 2 が判定領域 A 1 内であると判定された場合、この位置 P 2 に対応する最適化収束計算が判定領域 A 1 内で収束したと判断し、この位置 P 2 をカプセル型内視鏡 2 の収束点として取得する。

【 0 0 8 9 】

この位置 P 2 が判定領域 A 1 内の収束点である場合、領域判定部 1 6 b は、この位置 P

2が内側領域A2内の収束点であるか否かをさらに判定する。なお、内側領域A2は、この判定領域A1に比して少なくともカプセル型内視鏡2の位置ばらつき範囲に相当する空間だけ小さい領域であり、制御部16によって判定領域A1の内側に設定される。ここで、この位置P2が図5に示すように内側領域A2外の位置座標である場合、領域判定部16bは、この位置P2を内側領域A2外の収束点であると判定する。この場合、更新処理部16cは、この位置P2の位置ばらつき範囲A3に対応して判定領域A1を判定領域A4に拡張し（すなわち位置ばらつき範囲A3に相当する空間だけ判定領域A1を拡張した判定領域A4を設定し）、この拡張後の判定領域A4を最終の判定領域に更新する。この場合、位置P2の位置ばらつき範囲A3は、かかる拡張後の判定領域A4内に収まる。また、更新処理部16cは、この位置P2を示すベクトル $p(x, y, z, mx, my, mz)$ を最終収束結果に更新する。

10

【0090】

一方、制御部16は、カプセル型内視鏡2の位置P1を算出した際の最適化収束計算の結果が判定領域A1内で収束していない場合、所定の時間（上述した移動平均処理の平均回数と磁界強度検出値のサンプル時間との乗算値に相当する時間）が経過するまで、各検出コイル12の磁界強度検出値を古い順に無効化するとともに位置算出部13の演算処理を停止させ、これによって、各検出コイル12の移動平均回数分の磁界強度検出値を更新する。また、制御部16は、位置P1が収束点ではない場合、この位置P1の以前に算出された収束点のうちの最新の収束点である位置P0に対応する最終収束結果を次の最適化収束計算の計算開始点にして、位置算出部13に最適化収束計算を実行させる。なお、この最終収束結果に対応する位置P0は、拡張前の判定領域A1内の収束点である。

20

【0091】

位置算出部13は、かかる制御部16の制御に基づいて、この位置P0に対応する最終収束結果（ベクトル p ）を計算開始点とする最適化収束計算を実行してベクトル p を算出する。ここで、この最適化収束計算が判定領域内で収束している場合、制御部16は、前回において発散状態であった最適化収束計算の結果を短時間で収束状態に復帰することができた。その後、制御部16は、かかる最適化収束計算の収束結果を次の最適化収束計算の計算開始点にして位置算出部13に最適化収束計算を実行させる。

【0092】

以上、説明したように、本発明の実施の形態1では、カプセル型内視鏡等の検知体に内蔵された磁界発生部からの磁界を複数の検出コイルによって検出し、これら複数の検出コイルの各磁界検出結果の測定値（検出値）と理論値との誤差を表す評価関数に基づいた最適化収束計算を演算処理部に実行させ、この演算処理部による最適化収束計算の誤差値が収束したか否かを判定し、最適化収束計算の誤差値が収束した場合、この最適化収束計算の収束結果に基づいた検知体の位置方向情報を算出するとともに、この収束結果を次の最適化収束計算の計算開始点に設定するようにし、一方、最適化収束計算の誤差値が収束しない（発散した）場合、所定の時間が経過するまで最適化収束計算等の演算処理部の演算処理を停止し、これら複数の検出コイルの各磁界検出結果の測定値を取り直すとともに、以前の最適化収束計算による最終収束結果を計算開始点として最適化収束計算を演算処理部に再開させるように構成している。このため、複数の検出コイルによって磁界発生部からの磁界を検出する際のノイズ等の外乱の悪影響を受けた磁界検出結果の測定値を排除できるとともに、誤差値が発散した際の最適化収束計算の結果（不確かな演算結果）を次の最適化収束計算の計算開始点に用いるという事態を防止できる。これによって、最適化収束計算の誤差値が発散した場合であっても、次の最適化収束計算の計算開始点として最適化収束計算の収束結果を確実に用いることができ、この結果、検知体の位置情報および方向情報を算出する最適化収束計算の誤差値が発散した際に、この最適化収束計算の収束状態を短時間に復帰できる位置検出装置を実現することができる。

30

40

【0093】

また、検知体の位置および方向の検出空間内に判定領域を設定し、最適化収束計算の収束結果に基づいた検知体の位置座標が判定領域内であるか否かを判定し、判定領域内であ

50

る場合、この判定領域内の位置座標を算出した最適化収束計算の収束結果を次の最適化収束計算の計算開始点にし、判定領域外である場合、この判定領域外の位置座標を算出した最適化収束計算が発散状態であると判定して、上述したように、所定の時間が経過するまで最適化収束計算等の演算処理部の演算処理を停止し、各磁界検出結果の測定値を取り直すとともに、以前の最適化収束計算による最終収束結果を計算開始点として最適化収束計算を演算処理部に再開させるように構成している。このため、誤差値が擬収束した際の最適化収束計算の結果等の不確かな最適化収束計算の結果を次の最適化収束計算の計算開始点に用いる事態を防止でき、これによって、より高精度に検知体の位置および方向を算出できるとともに、最適化収束計算の収束状態を容易に維持することができる。

【0094】

10

さらに、かかる判定領域内に、検知体の位置ばらつき範囲を判定領域内に収める内側領域を設定し、最適化収束計算の収束結果に基づいた検知体の位置座標が収束判定安定内であるか否かを判定し、内側領域内である場合、現在の判定領域を維持し、判定領域外である場合、検知体の位置ばらつき範囲に対応して判定領域を拡張し、この拡張した判定領域を次の最適化収束計算実行時の判定領域に更新している。このため、当該位置検出装置の検出精度に合わせて判定領域を容易に拡張することができ、これによって、実際には誤差値が収束している最適化収束計算を発散状態であると誤判定する事態を抑制できるとともに、最適化収束計算が頻繁に発散する事態を防止でき、この結果、検知体の位置方向情報を算出する最適化収束計算等の演算処理時間の短時間化を促進することができる。

【0095】

20

(実施の形態2)

つぎに、本発明の実施の形態2について説明する。上述した実施の形態1では、検知体であるカプセル型内視鏡2に内蔵された磁界発生部2bが形成した磁界を複数の検出コイル12によって検出していたが、この実施の形態2では、検知体であるカプセル型内視鏡に内蔵されたLCマーカに磁界を印加し、これによって発生したLCマーカの誘導磁界を複数の検出コイル12によって検出するようにしている。

【0096】

図6は、本発明の実施の形態2にかかるカプセル誘導システムの一構成例を模式的に示すブロック図である。図6に示すように、この実施の形態2にかかるカプセル誘導システム21は、上述した実施の形態1にかかるカプセル誘導システム1のカプセル型内視鏡2に代えてカプセル型内視鏡22を備え、位置検出装置10に代えて位置検出装置23を備える。カプセル型内視鏡22は、上述した磁界発生部2bに代えてLCマーカ2cを備える。位置検出装置23は、このLCマーカ2cに磁界を印加するドライブコイル群24と、ドライブコイル群24の中から磁界を発生させるドライブコイルを選択するコイル選択部25と、ドライブコイル群24に磁界発生のための電流を供給するコイル用電源部26とを備え、上述した制御部16に代えて制御部27を備える。その他の構成は実施の形態1と同じであり、同一構成部分には同一符号を付している。

30

【0097】

カプセル型内視鏡22は、上述した磁界発生部2bに代えてLCマーカ2cを備えること以外、実施の形態1におけるカプセル型内視鏡2と同じである。LCマーカ2cは、位置検出装置23のドライブコイル群24によって印加された磁界の作用によって誘導磁界を放出する。したがって、LCマーカ2cの方向によって、より好適なドライブコイルが存在することになる。かかるLCマーカ2cによって形成された誘導磁界は、磁界検出部11の複数の検出コイル12によって検出される。この場合、かかる磁界検出部11の複数の検出コイル12によって検出された誘導磁界の磁界強度検出値 B_{d1} 、 B_{d2} 、 B_{d3} は、検知体の磁界情報の一例であり、制御部27に取得される。

40

【0098】

ドライブコイル群24は、被検体内部におけるカプセル型内視鏡22の位置方向情報を検出するための磁界を発生する複数の磁界発生コイル(ドライブコイル)によって実現される。かかるドライブコイル群24は、3次元空間A0におけるLCマーカ2cの現在位

50

置およびコイル軸方向に最適な強度および方向の磁界をＬＣマーカ２ｃに印加し、この印加した磁界の作用によって、このＬＣマーカ２ｃに誘導磁界を放出させる。

【００９９】

コイル選択部２５は、ドライブコイルの切替部として機能し、制御部２７の制御に基づいてドライブコイル群２４の中から磁界を発生させる１以上のドライブコイルを選択する。かかるコイル選択部２５によって選択された１以上のドライブコイルは、３次元空間Ａ０におけるＬＣマーカ２ｃの現在位置に、このＬＣマーカ２ｃをコイル軸方向に貫く磁界として最適な強度および方向の磁界を発生させる。

【０１００】

コイル用電源部２６は、ドライブコイル群２４に含まれるドライブコイルの数に対応して複数の電源部を有し、制御部２７の制御に基づいて、ドライブコイル群２４の中からコイル選択部２５によって選択された１以上のドライブコイルに交流電流を供給する。この場合、かかるコイル用電源部２６が生成した交流信号は、コイル選択部２５を介してドライブコイル群２４のうちの選択された１以上のドライブコイルに印加され、この１以上のドライブコイルに磁界を発生させる。

【０１０１】

制御部２７は、上述したドライブコイル群２４、コイル選択部２５、コイル用電源部２６を制御する。具体的には、制御部２７は、ドライブコイル群２４のうちの１以上のドライブコイルをコイル選択部２５に選択させ、このコイル選択部２５に選択させた１以上のドライブコイルに対するコイル用電源部２６の通電量を制御し、この通電量の制御を通してドライブコイル群２４の磁界発生動作を制御する。また、制御部２７は、複数の検出コイル１２によって検出されたＬＣマーカ２ｃの誘導磁界の磁界強度検出値 B_{d1} 、 B_{d2} 、 B_{d3} を磁界検出部１１から取得する。制御部２７は、上述した式（１）に基づいて、かかる誘導磁界の各磁界強度理論値 B_{1t} 、 B_{2t} 、 B_{3t} を算出し、かかる誘導磁界の各磁界強度検出値 B_{d1} 、 B_{d2} 、 B_{d3} と各磁界強度理論値 B_{1t} 、 B_{2t} 、 B_{3t} との誤差を表す評価関数（式（２）参照）に基づいた最適化収束計算を位置算出部１３に実行させる。また、制御部２７は、最適化収束計算の収束状態を復帰させる復帰処理において、所定の時間が経過するまで位置算出部１３の演算処理を停止する制御に加え、ドライブコイル群２４の切替動作を制御する。かかる制御部２７が有する他の機能は、上述した実施の形態１にかかる位置検出装置１０の制御部１６と同様である。

【０１０２】

つぎに、本発明の実施の形態２にかかる位置検出装置２３の動作について説明する。位置検出装置２３が被検体内部におけるカプセル型内視鏡２２の位置方向情報を検出する場合、制御部２７は、上述した実施の形態１にかかる位置検出装置１０の制御部１６の処理手順（ステップＳ１０１～Ｓ１１４、図２参照）と略同様の処理手順を繰り返し実行する。この場合、制御部２７は、上述したステップＳ１１３における収束状態の復帰処理に代えて、位置算出部１３の演算処理を停止する制御につづき、ドライブコイル群２４を切り替える制御を行って最適化収束計算の収束状態を復帰させる復帰処理を実行する。

【０１０３】

図７は、実施の形態２にかかる位置検出装置２３の制御部２７が最適化収束計算の収束状態の復帰処理を達成するまでの処理手順を例示するフローチャートである。図７に示すように、制御部２７は、上述したステップＳ３０１、Ｓ３０２（図４参照）と同様に、最適化収束計算に用いる各磁界強度検出値を更新し（ステップＳ４０１）、所定の時間が経過していなければ（ステップＳ４０２、Ｎｏ）、このステップＳ４０１、Ｓ４０２を繰り返し、これによって、最適化収束計算等の位置算出部１３の演算処理を所定の時間停止する。

【０１０４】

また、制御部２７は、所定の時間が経過した場合（ステップＳ４０２、Ｙｅｓ）、上述したステップＳ３０３、Ｓ３０４（図４参照）と同様に、記憶部１５の収束結果情報１５ａの中から位置算出部１３の最終収束結果を読み出し（ステップＳ４０３）、この読み出

10

20

30

40

50

した最終収束結果と、ステップS401において更新された各検出コイル12の磁界強度検出値とを位置算出部13に送出して、かかる各検出コイル12の磁界強度検出値と最終収束結果（最終の収束点を示すベクトル p ）とを用いた最適化収束計算を位置算出部13に実行させる（ステップS404）。その後、制御部27は、上述したステップS305（図4参照）と同様に、位置算出部13が実行した最適化収束計算の結果が判定領域内で収束したか否かを判定する（ステップS405）。

【0105】

ここで、ステップS404において位置算出部13に実行させた1回の最適化収束計算の結果が判定領域内で収束していない場合（ステップS405、No）、制御部27は、ドライブコイル群24の中から磁界を発生させる1以上のドライブコイルを切り替えるようにコイル選択部25を制御する（ステップS406）。このステップS406において、コイル選択部25は、かかる制御部27の制御に基づいて、ドライブコイル群24の中から1以上のドライブコイルを所定の順序に沿って切り替え、これによって、カプセル型内視鏡2内部のLCマーカ2cに異なる磁化方向の磁界を順次印加する。この場合、かかるコイル選択部25によって切り替えられるドライブコイル群24は、例えば絶対座標系のX軸方向の磁界、Y軸方向の磁界、Z軸方向の磁界を順次LCマーカ2cに印加する。

【0106】

つぎに、制御部27は、このステップS406においてコイル選択部25に選択させた1以上のドライブコイルの磁界の作用によってLCマーカ2cが放出した誘導磁界の磁界強度検出値 B_{d1} 、 B_{d2} 、 B_{d3} を新たに取得して、最適化収束計算に用いる各検出コイル12の磁界強度検出値を更新する（ステップS407）。その後、制御部27は、上述したステップS404に戻り、このステップS404以降の処理手順を繰り返す。

【0107】

一方、ステップS404において位置算出部13に実行させた1回の最適化収束計算の結果が判定領域内で収束した場合（ステップS405、Yes）、制御部27は、位置算出部13による最適化収束計算の発散状態を収束状態に復帰できたことになり、上述したステップS113にリターンする。

【0108】

以上、説明したように、本発明の実施の形態2では、カプセル型内視鏡等の検知体に内蔵されたLCマーカに、ドライブコイル群の中から選択した1以上のドライブコイルによって磁界を印加し、これによって、このLCマーカから誘導磁界を発生させ、この発生した誘導磁界を複数の検出コイルによって検出し、これら複数の検出コイルの各磁界検出結果の測定値（検出値）と理論値との誤差を表す評価関数に基づいた最適化収束計算を演算処理部15に実行させ、最適化収束計算の誤差値が発散した場合、ドライブコイル群の中からLCマーカに磁界を印加する1以上のドライブコイルを順次切り替えて、このLCマーカに異なる方向の磁界を順次印加し、このLCマーカからの誘導磁界の磁界強度検出値を取り直すとともに、以前の最適化収束計算による最終収束結果を計算開始点として最適化収束計算を演算処理部15に再開させるようにし、その他を上述した実施の形態1と同じにした。このため、上述した実施の形態1の場合と同様の作用効果を享受するとともに、検知体が急激な方向転換を行った場合であっても、最適化収束計算の収束状態を容易に維持または復帰することができる。

【0109】

また、検知体に内蔵されたLCマーカに磁界を印加して、このLCマーカから誘導磁界を発生させているので、この検知体（例えばカプセル型内視鏡等の医療装置）の消費電力を省電力化することができる。

【0110】

（実施の形態3）

つぎに、本発明の実施の形態3について説明する。上述した実施の形態2では、検知体であるカプセル型内視鏡2に内蔵されたLCマーカ2cの誘導磁界を複数の検出コイル12によって検出していたが、この実施の形態3では、検知体であるカプセル型内視鏡に磁

界を検出する検出コイルを内蔵し、検知体外部に配置されたドライブコイル群によって発生した磁界をこの検知体内部の検出コイルによって検出し、画像信号の受信装置を介して、この検出コイルの磁界検出結果を取得するようにしている。

【 0 1 1 1 】

図 8 は、本発明の実施の形態 3 にかかるカプセル誘導システムの一構成例を模式的に示すブロック図である。図 8 に示すように、この実施の形態 3 にかかるカプセル誘導システム 3 1 は、上述した実施の形態 2 にかかるカプセル誘導システム 2 1 のカプセル型内視鏡 2 2 に代えてカプセル型内視鏡 3 2 を備え、受信装置 3 に代えて受信装置 3 3 を備え、位置検出装置 2 3 に代えて位置検出装置 3 4 を備える。カプセル型内視鏡 3 2 は、上述した LC マーカ 2 c に代えて検出コイル 3 2 b を備え、この検出コイル 3 2 b の磁界強度検出値と被検体の体内画像とを受信装置 3 3 に無線送信する。位置検出装置 3 4 は、上述した位置検出装置 2 3 のドライブコイル群 2 4 に代えてドライブコイル群 3 5 a , 3 5 b を備え、コイル選択部 2 5 に代えてコイル選択部 3 6 を備え、コイル用電源部 2 6 に代えてコイル用電源部 3 7 を備え、制御部 2 7 に代えて制御部 3 8 を備える。また、位置検出装置 3 4 は、上述した磁界検出部 1 1 を備えておらず、受信装置 3 3 から磁界強度検出値を取得する。その他の構成は実施の形態 2 と同じであり、同一構成部分には同一符号を付している。

【 0 1 1 2 】

カプセル型内視鏡 3 2 は、上述した実施の形態 2 におけるカプセル型内視鏡 2 2 と同様に、カプセル型筐体の内部に撮像機能と無線通信機能とを備え、被検体の臓器内部に導入されて被検体の体内画像を撮像機能によって順次撮像する。また、カプセル型内視鏡 3 2 は、カプセル型筐体の内部に、上述した LC マーカ 2 c に代えて検出コイル 3 2 b を備える。検出コイル 3 2 b は、外部のドライブコイル群 3 5 a , 3 5 b のうちの複数のドライブコイルによって発生した複数の磁界を順次検出する。かかるカプセル型内視鏡 3 2 は、撮像機能によって撮像した被検体の体内画像と、検出コイル 3 2 b によって検出した各磁界の磁界強度検出値 $B d_1, \dots, B d_n$ とを受信装置 3 3 に無線送信する。なお、かかる検出コイル 3 2 b によって検出された磁界強度検出値 $B d_1, \dots, B d_n$ は、検知体の磁界情報の一例であり、受信装置 3 3 を介して制御部 3 8 に取得される。

【 0 1 1 3 】

受信装置 3 3 は、カプセル型内視鏡 3 2 によって無線送信された被検体の体内画像群と検出コイル 3 2 b の磁界強度検出値 $B d_1, \dots, B d_n$ とを受信する。具体的には、受信装置 3 3 は、複数の受信アンテナ 3 a を介してカプセル型内視鏡 3 2 からの無線信号を受信し、この受信した無線信号に対して所定の復調処理等を行って、この無線信号に含まれる体内画像と磁界強度検出値 $B d_i$ (i は 1 ~ n の整数) とを抽出する。かかる受信装置 3 3 は、この取得した体内画像の画像信号を画像表示装置 9 に順次送出するとともに、この取得した磁界強度検出値 $B d_i$ を示す磁界強度信号を制御部 3 8 に順次送出する。この結果、受信装置 3 3 は、カプセル型内視鏡 3 2 が撮像した被検体の体内画像群を画像表示装置 9 に送出し、且つ、カプセル型内視鏡 3 2 内部の検出コイル 3 2 b の磁界強度検出値 $B d_1, \dots, B d_n$ を制御部 3 8 に送出する。

【 0 1 1 4 】

ドライブコイル群 3 5 a , 3 5 b は、被検体内部におけるカプセル型内視鏡 3 2 の位置方向情報を検出するための磁界を発生する複数のドライブコイルによって実現される。ドライブコイル群 3 5 a , 3 5 b は、カプセル型内視鏡 3 2 に印加する複数の磁界を 3 次元空間 A_0 内に形成する。かかるドライブコイル群 3 5 a , 3 5 b による複数の磁界は、上述したカプセル型内視鏡 3 2 内部の検出コイル 3 2 b によって順次検出される。ここで、上述した検出コイル 3 2 b の磁界検出結果は、3 次元空間 A_0 におけるカプセル型内視鏡 3 2 の位置方向情報 (詳細には、カプセル型内視鏡 3 2 の位置座標 $r_c(x, y, z)$ と磁気ダイポールモーメント $M(m_x, m_y, m_z)$ との計 6 変数) の算出処理に用いられる。このため、かかる検出コイル 3 2 b に磁界を順次印加するドライブコイル群 3 5 a , 3 5 b に含まれるドライブコイルの配置数は、1 つの検出コイル 3 2 b に対して 6 以上で

あることが望ましく、さらには、ドライブコイル群の切替を考慮して7以上であることが望ましい。

【0115】

コイル選択部36は、ドライブコイルの切替部として機能し、制御部38の制御に基づいて、ドライブコイル群35a, 35bの中から磁界を発生させる複数(例えば6以上)のドライブコイルの組み合わせを選択する。かかるコイル選択部36によって選択された複数のドライブコイルは、3次元空間A0におけるカプセル型内視鏡32の現在位置に、検出コイル32bをコイル軸方向に貫く磁界として最適な強度および方向をもつ複数の磁界を発生させる。

【0116】

コイル用電源部37は、ドライブコイル群35a, 35bに含まれるドライブコイルの数量に対応して複数の電源部を有し、制御部38の制御に基づいて、ドライブコイル群35a, 35bの中からコイル選択部36によって選択された複数のドライブコイルに交流電流を供給する。この場合、かかるコイル用電源部37が生成した交流信号は、コイル選択部36を介してドライブコイル群35a, 35bのうちの選択された複数(例えば6以上)のドライブコイルに印加され、これら複数のドライブコイルに複数の磁界を発生させる。

【0117】

制御部38は、上述したドライブコイル群35a, 35b、コイル選択部36、コイル用電源部37を制御する。具体的には、制御部38は、ドライブコイル群35a, 35bのうちの複数のドライブコイルをコイル選択部36に選択させ、このコイル選択部36に選択させた複数(例えば6以上)のドライブコイルに対するコイル用電源部37の通電量を制御し、この通電量の制御を通してドライブコイル群35a, 35bの磁界発生動作を制御する。また、制御部38は、受信装置33を介してカプセル型内視鏡32内部の検出コイル32bによる複数の磁界の磁界強度検出値 B_{d1} , B_{d2} を取得する。制御部38は、上述した式(1)に基づいて、かかる複数の磁界の磁界強度理論値 B_{1} , B_{2} を算出し、かかる複数の磁界の磁界強度検出値 B_{d1} , B_{d2} と磁界強度理論値 B_{1} , B_{2} との誤差を表す評価関数(式(2)参照)に基づいた最適化収束計算を位置算出部13に実行させる。また、制御部38は、最適化収束計算の収束状態を復帰させる復帰処理において、所定の時間が経過するまで位置算出部13の演算処理を停止する制御に加え、ドライブコイル群35a, 35bの中から複数(例えば6以上)のドライブコイルの組み合わせを順次切り替えるコイル選択部36の切替動作を制御する。かかる制御部38が有する他の機能は、上述した実施の形態2にかかる位置検出装置23の制御部27と同様である。

【0118】

かかる制御部38を有する位置検出装置34が被検体内部におけるカプセル型内視鏡32の位置方向情報を検出する場合、制御部38は、上述した実施の形態2にかかる位置検出装置23の制御部27と略同様の処理手順を繰り返し実行する。この場合、制御部38は、上述したステップS406において、ドライブコイル群35a, 35bの中から複数(例えば6以上)のドライブコイルの組み合わせを順次切り替えるようにコイル選択部36を制御する。

【0119】

以上、説明したように、本発明の実施の形態3では、カプセル型内視鏡等の検知体に磁界を検出する検出コイルを内蔵し、検知体外部のドライブコイル群の中から選択した複数のドライブコイルが形成した複数の磁界を検知体に印加し、この検知体内部の検出コイルによってこれら複数の磁界を検出し、被検体の体内画像を受信する受信装置を介してこの検出コイルの磁界検出結果を順次取得し、取得した各磁界検出結果の測定値(検出値)と理論値との誤差を表す評価関数に基づいた最適化収束計算を演算処理部に実行させ、最適化収束計算の誤差値が発散した場合、ドライブコイル群の中から複数の磁界を発生させる複数のドライブコイルの組み合わせを順次切り替えて、この検知体内部の検出コイルの各

10

20

30

40

50

磁界強度検出値を取り直すとともに、以前の最適化収束計算による最終収束結果を計算開始点として最適化収束計算を演算処理部に再開させるようにし、その他を上記した実施の形態 2 と同じにした。このため、上記した実施の形態 2 の場合と同様の作用効果を享受するとともに、より容易に最適化収束計算の収束状態を復帰することができる。

【0120】

(実施の形態 4)

つぎに、本発明の実施の形態 4 について説明する。上記した実施の形態 1 では、磁界検出部 11 から各検出コイル 12 の磁界強度検出値 B_{d1} 、 B_{d2} を取得する都度、位置算出部 13 の最適化収束計算を実行していたが、この実施の形態 4 では、かかる各検出コイル 12 の磁界強度検出値 B_{d1} 、 B_{d2} を取得する都度、取得した磁界強度検出値 B_{d1} 、 B_{d2} のうちのひとつと設定閾値とを比較し、この比較結果に応じて最適化収束計算の実行を許可または禁止している。

10

【0121】

図 9 は、本発明の実施の形態 4 にかかるカプセル誘導システムの一構成例を模式的に示すブロック図である。図 9 に示すように、この実施の形態 4 にかかるカプセル誘導システム 41 は、上記した実施の形態 1 にかかるカプセル誘導システム 1 の位置検出装置 10 に代えて位置検出装置 43 を備える。この位置検出装置 43 は、上記した実施の形態 1 にかかる位置検出装置 10 の制御部 16 に代えて制御部 46 を備え、さらに閾値記憶部 45 を備える。その他の構成は実施の形態 1 と同じであり、同一構成部分には同一符号を付している。

20

【0122】

閾値記憶部 45 は、カプセル型内視鏡 2 の磁界情報に関する閾値を記憶する。具体的には、閾値記憶部 45 は、磁界検出部 11 の複数の検出コイル 12 によって検出されたカプセル型内視鏡 2 からの磁界（詳細には磁界発生部 2b からの交番磁界）の磁界強度測定値、すなわち上記した各磁界強度検出値 B_{d1} 、 B_{d2} に関する閾値を記憶する。

【0123】

ここで、かかる閾値記憶部 45 が記憶する閾値は、3次元空間 A0 内における各座標位置に磁界発生部を配置した際の磁界検出部 11 の各検出コイルによる磁界強度検出値をもとに算出される。例えば、3次元空間 A0 内に等間隔でメッシュを設定し、このメッシュ上の各点に磁界発生部を配置する。この場合、かかる各点の磁界発生部の方向は、例えば、XYZ座標系のベクトル成分(1, 1, 1)に代表される所定のベクトル方向あるいは45度ピッチでXY平面、YZ平面、ZX平面を回転した場合に規定される各方向等、所定の方向に設定してもよいし、複数の方向を細かく想定したものであってもよい。かかる各点および各方向別に磁界発生部を順次配置した場合、磁界検出部 11 は、かかる磁界発生部の位置別および方向別に、複数の検出コイル 12 によって磁界強度を検出する。すなわち、磁界検出部 11 は、3次元空間 A0 内における任意の位置および方向の磁界発生部毎に、検出コイル 12 の個数分の磁界強度検出値を取得する。この取得した複数の磁界強度検出値のうちの最大値が、かかる磁界発生部の位置別および方向別に順次記録される。そして、かかる磁界発生部の位置別および方向別に記録された各最大値の中から最小値が選択される。ここで、この選択された最小値は、かかる磁界発生部の磁界強度であるため、コイルの直径または巻き数、さらには接続される回路によって異なる値となる。このため、かかる最小値に対して、カプセル型内視鏡 2 の磁界発生部 2b に固有のコイル直径、コイル巻き数、および接続回路に関する係数を乗じる。これによって、かかる最小値を磁界発生部 2b に対応した磁界強度検出値に変換する。この変換後の磁界強度検出値は、上記したカプセル型内視鏡 2 の磁界情報に関する閾値として閾値記憶部 45 に記憶される。

30

40

【0124】

制御部 46 は、上記した実施の形態 1 にかかる位置検出装置 10 の制御部 16 の制御機能に加え、閾値記憶部 45 の情報書き込み動作および情報読み出し動作を制御する制御機能をさらに有する。また、制御部 46 は、上記した収束判定部 16a、領域判定部 16b、および更新処理部 16c を備え、さらに、レベル判定部 46d および出力部 46e を備

50

える。かかる制御部 46 は、3次元空間 A0 内のカプセル型内視鏡 2 の磁界情報の測定値と閾値記憶部 45 内の閾値とを比較して、この磁界情報の測定値と閾値との大小を判定し、この判定結果をもとに位置算出部 13 の最適化収束計算を制御する。具体的には、制御部 46 は、かかる磁界情報の測定値が閾値以上である場合、位置算出部 13 の最適化収束計算を許可し、かかる磁界情報の測定値が閾値未満である場合、位置算出部 13 の最適化収束計算を禁止する。なお、かかる制御部 46 が有する他の機能は、上述した実施の形態 1 にかかる位置検出装置 10 の制御部 16 と同様である。

【0125】

レベル判定部 46d は、3次元空間 A0 内のカプセル型内視鏡 2 に関する磁界情報の測定値が閾値記憶部 45 内の閾値に比して小さいか否かを判定するためのものである。具体的には、レベル判定部 46d は、磁界検出部 11 から各検出コイル 12 による磁界強度検出値 B_{d1} , B_{d2} を取得し、その都度、閾値記憶部 45 から閾値を読み出す。レベル判定部 46d は、かかる磁界強度検出値 B_{d1} , B_{d2} のうちの最大値と閾値とを比較し、この最大値が閾値未満であるか否かを判定する。

【0126】

出力部 46e は、上述した位置算出部 13 に対して最適化収束計算の停止のための制御信号を出力するためのものである。具体的には、上述したレベル判定部 46d によってカプセル型内視鏡 2 に関する磁界情報の測定値（すなわち磁界強度検出値 B_{d1} , B_{d2} ）が閾値未満であると判定された場合、出力部 46e は、この判定結果に基づいて、上述した最適化収束計算を停止させる制御信号を位置算出部 13 に出力する。

【0127】

つぎに、本発明の実施の形態 4 にかかる位置検出装置 43 の動作について説明する。図 10 は、磁界強度検出値と閾値との比較結果に応じて最適化収束計算を許可または禁止する際の位置検出装置の処理手順を例示するフローチャートである。なお、この実施の形態 4 にかかる位置検出装置 43 の動作は、磁界強度検出値と閾値との比較結果に応じて最適化収束計算を許可または禁止する際の動作以外、上述した実施の形態 1 にかかる位置検出装置 10 と同様である。以下では、図 10 を参照しつつ、各検出コイル 12 による磁界強度検出値 B_{d1} , B_{d2} と予め設定した閾値との比較結果に応じて位置算出部 13 の最適化収束計算を許可または禁止する際の位置検出装置 43 の動作を説明する。

【0128】

図 10 に示すように、この実施の形態 4 にかかる位置検出装置 43 の制御部 46 は、上述したステップ S103 と同様に、磁界検出部 11 から各検出コイル 12 の磁界強度検出値 B_{d1} , B_{d2} を取得し（ステップ S501）、この取得した磁界強度検出値 B_{d1} , B_{d2} のうちの最大値である最大検出値を保持する（ステップ S502）。この場合、レベル判定部 46d は、磁界検出部 11 から各検出コイル 12 の磁界強度検出値 B_{d1} , B_{d2} を取得する都度、この取得した磁界強度検出値 B_{d1} , B_{d2} のうちの最大検出値を取得し、保持する。

【0129】

つぎに、制御部 46 は、閾値記憶部 45 から閾値を読み出し（ステップ S503）、この読み出した閾値とステップ S502 において保持した最大検出値とを比較して（ステップ S504）、かかる最大検出値と閾値との大小を判断する（ステップ S505）。この場合、レベル判定部 46d は、すなわちカプセル型内視鏡 2 に関する磁界情報の測定値の閾値として予め閾値記憶部 45 に記憶された閾値を閾値記憶部 45 から読み出す。続いて、レベル判定部 46d は、この読み出した閾値とステップ S502 において保持した最大検出値とを比較して、この最大検出値が閾値未満であるか否かを判定する。

【0130】

制御部 46 は、ステップ S505 において最大検出値が閾値未満であると判断した場合（ステップ S505、Yes）、上述した位置算出部 13 の最適化収束計算を禁止し（ステップ S506）、その後、ステップ S501 に戻り、このステップ S501 以降の処理手順を繰り返す。

10

20

30

40

50

【 0 1 3 1 】

このステップ S 5 0 5 , S 5 0 6 において、レベル判定部 4 6 d は、ステップ S 5 0 4 における比較処理の結果、磁界強度検出値 $B d_1$, $B d_2$ のうちの最大検出値が閾値未満であると判定する。出力部 4 6 e は、かかるレベル判定部 4 6 d の判定結果に基づいて、最適化収束計算の実行を禁止するための制御信号を生成し、この生成した制御信号を位置算出部 1 3 に出力する。

【 0 1 3 2 】

ここで、かかる閾値記憶部 4 5 内の閾値は、3次元空間 A 0 内の位置別および方向別に検出可能な磁界検出値の各最大値のうちの最も小さい値を示している。このため、各検出コイルによる磁界強度検出値 $B d_1$, $B d_2$ のうちの最大検出値が、かかる閾値未満である場合、検知体であるカプセル型内視鏡 2 の存在位置は、3次元空間 A 0 の外側、少なくとも位置検出装置 4 3 の検出空間の外側である可能性が高い。このことに基づいて、レベル判定部 4 6 d は、かかる最大検出値が閾値未満である場合、現状がカプセル型内視鏡 2 の位置算出を実行する状態ではないと判断し、出力部 4 6 e は、最適化収束計算の実行を禁止するための制御信号を位置算出部 1 3 に送信する。

【 0 1 3 3 】

かかる実行禁止の制御信号を受けた位置算出部 1 3 は、図 2 に示したステップ S 1 0 6 における最適化収束計算を停止する。この結果、位置算出部 1 3 は、検知体であるカプセル型内視鏡 2 が 3 次元空間 A 0 (少なくとも位置検出装置 4 3 の検出空間) の内部に存在していない状態において、上述した発散状態に至る可能性が高い無駄な最適化収束計算を実行せずすむ。

【 0 1 3 4 】

なお、実際には、カプセル型内視鏡 2 の周囲温度等によって磁界強度検出値 $B d_1$, $B d_2$ の取得信号のレベルがドリフトする可能性がある。このため、上述した閾値記憶部 4 5 に予め記憶される閾値は、かかる磁界強度検出値 $B d_1$, $B d_2$ の信号レベルのドリフトを加味して、計算値に比して若干大きめの値に設定されることが望ましい。

【 0 1 3 5 】

一方、制御部 4 6 は、ステップ S 5 0 5 において最大検出値が閾値未満ではない、すなわち閾値以上であると判断した場合 (ステップ S 5 0 5 , N o) 、上述した位置算出部 1 3 の最適化収束計算を許可し (ステップ S 5 0 7) 、その後、ステップ S 5 0 1 に戻り、このステップ S 5 0 1 以降の処理手順を繰り返す。

【 0 1 3 6 】

このステップ S 5 0 5 , S 5 0 6 において、レベル判定部 4 6 d は、ステップ S 5 0 4 における比較処理の結果、磁界強度検出値 $B d_1$, $B d_2$ のうちの最大検出値が閾値以上であると判定する。この場合、出力部 4 6 e は、上述した実行禁止の制御信号を位置算出部 1 3 に出力しない。この結果、位置算出部 1 3 は、最適化収束計算を許可され、図 2 に示したステップ S 1 0 4 における最適化収束計算を開始または継続する。

【 0 1 3 7 】

なお、制御部 4 6 は、図 2 に示したステップ S 1 0 3 ~ S 1 0 6 の処理手順と並行してステップ S 5 0 1 ~ S 5 0 7 の処理手順を実行してもよい。あるいは、制御部 4 6 は、上述したステップ S 1 0 2 の実行後にステップ S 5 0 1 ~ S 5 0 5 の処理手順を実行し、その後、ステップ S 5 0 6 を実行した後にステップ S 1 0 4 以降の処理手順を繰り返してもよいし、ステップ S 5 0 7 を実行した後にステップ S 1 0 2 以降の処理手順を繰り返してもよい。

【 0 1 3 8 】

つぎに、検知体であるカプセル型内視鏡 2 の構成について詳細に説明する。図 1 1 は、検知体であるカプセル型内視鏡の一構成例を示す模式図である。図 1 2 は、このカプセル型内視鏡に内蔵された磁界発生部の回路構成の一例を示す模式図である。なお、図 1 2 には、カプセル型内視鏡 2 の内部構成が図示されている。

【 0 1 3 9 】

10

20

30

40

50

図 1 1 に示すように、カプセル型内視鏡 2 は、患者等の被検体の臓器内部に導入可能な大きさのカプセル型筐体 5 1 を備え、このカプセル型筐体 5 1 の内部に、上述した磁石 2 a および磁界発生部 2 b を備える。また、カプセル型内視鏡 2 は、カプセル型筐体 5 1 の内部に、撮像部 5 3 と、信号処理部 5 4 と、無線送信部 5 5 と、アンテナコイル 5 6 と、内視鏡用電池 5 7 とを備える。

【 0 1 4 0 】

撮像部 5 3 は、LED 等の発光部と、CCD 等の固体撮像素子と、集光レンズ等の光学系とを用いて実現される。かかる撮像部 5 3 は、カプセル型筐体 5 1 の光学ドーム越しに被写体を照明し、この照明した被写体からの反射光を受光して、この被写体の画像（例えば被検体の体内画像）を撮像する。

10

【 0 1 4 1 】

信号処理部 5 4 は、撮像部 5 3 によって撮像された画像の信号を取得し、この取得した信号に対して所定の信号処理を行って、かかる撮像部 5 3 による画像データを含む画像信号を生成する。無線送信部 5 5 は、かかる信号処理部 5 4 によって生成された画像信号に対して変調処理等の所定の通信処理を行って、この画像信号を含む無線信号を生成する。無線送信部 5 5 は、アンテナコイル 5 6 と接続され、この生成した無線信号をアンテナコイル 5 6 を介して外部の受信装置（図示せず）に送信する。

【 0 1 4 2 】

内視鏡用電池 5 7 は、例えばボタン型電池であり、上述した撮像部 5 3、信号処理部 5 4、および無線送信部 5 5 に対して駆動電力を供給する。なお、かかる内視鏡用電池 5 7 は、上述した撮像部 5 3、信号処理部 5 4、および無線送信部 5 5 に必要な電力を所定時間以上供給可能であればよく、その配置数は、特に 2 つに限定されず、1 つ以上であってもよい。

20

【 0 1 4 3 】

磁石 2 a は、上述したように、磁気誘導装置 4 によるカプセル型内視鏡 2 の磁気誘導を可能にするためのものであり、図 1 1 に示すようにカプセル型筐体 5 1 の後端部に配置される。これによって、磁石 2 a は、アンテナコイル 5 6 から可能な限り離れて配置され、この結果、アンテナコイル 5 6 のアンテナ特性の劣化を防止する。また、磁石 2 a から発生する磁界がアンテナコイル 5 6 を可能な限り通過しないように、磁石 2 a は、その磁化方向がアンテナコイル 5 6 の開口方向に対して垂直となるように配置される。一方、かかる磁石 2 a と磁界発生部 2 b の専用電池（磁界発生部用電池 5 2 d）との間には、カプセル型筐体 5 1 の一部である隔壁が設けられ、所定の間隔がとられる様になっている。これは、磁石 2 a の磁力が磁界発生部用電池 5 2 d の磁性体によって弱められ、これに起因して、磁気誘導時にカプセル型内視鏡 2 に作用する力が低下することを防止するためである。なお、かかる磁石 2 a を内蔵するカプセル型筐体 5 1 の後端部は着脱可能であり、これによって、磁石 2 a を容易に内蔵または取り外しできるようになっている。

30

【 0 1 4 4 】

磁界発生部 2 b は、上述したように、カプセル型内視鏡 2 の位置および方向の検出に用いられる磁界を発生させるためのものであり、図 1 1、1 2 に示すように、共振コイル 5 2 a と、共振用コンデンサ 5 2 b と、発振駆動回路 5 2 c と、磁界発生部用電池 5 2 d とを備える。

40

【 0 1 4 5 】

磁界発生部用電池 5 2 d は、磁界発生部 2 b の専用電池であり、例えばボタン型電池等によって実現される。磁界発生部用電池 5 2 d は、アンテナコイル 5 6 から可能な限り離れて配置され、これによって、アンテナコイル 5 6 のアンテナ特性の劣化を防止する。また、カプセル型筐体 5 1 における磁界発生部用電池 5 2 d の内蔵部分は着脱可能であり、これによって、磁界発生部用電池 5 2 d を容易に交換できるようになっている。かかる磁界発生部用電池 5 2 d の電力は、発振駆動回路 5 2 c に供給される。

【 0 1 4 6 】

発振駆動回路 5 2 c は、図 1 2 に示すように、スイッチング素子 5 2 e および水晶発振

50

回路 5 2 f を用いて回路構成される。発振駆動回路 5 2 c は、磁界発生部用電池 5 2 d によって電力を供給された場合、水晶発振回路 5 2 f によって信号を生成し、この生成した信号をスイッチング素子 5 2 e を介して共振用コイル 5 2 a および共振用コンデンサ 5 2 b に出力する。

【 0 1 4 7 】

共振用コイル 5 2 a および共振用コンデンサ 5 2 b は、図 1 2 に示すように共振回路を形成し、発振駆動回路 5 2 c からの信号を受けて磁界を発生させる。かかる共振用コイル 5 2 a および共振用コンデンサ 5 2 b によって発生した磁界は、カプセル型内視鏡 2 の外部に出力され、その後、上述した磁界検出部 1 1 によって検出される。

【 0 1 4 8 】

なお、上述した磁界発生部用電池 5 2 d は、かかる共振用コイル 5 2 a および共振用コンデンサ 5 2 b による磁界の発生に必要な電力を所定時間以上供給可能であればよく、その配置数は、特に 2 つに限定されず、1 つ以上であってもよい。また、かかる磁界発生部 2 b は、上述した内視鏡用電池 5 7 の電力を共用してもよく、この場合、磁界発生部用電池 5 7 を備えていなくてもよい。

【 0 1 4 9 】

以上、説明したように、本発明の実施の形態 4 では、3 次元空間内のカプセル型内視鏡に関する磁界情報の測定値の閾値を予め閾値記憶部に記憶し、このカプセル型内視鏡からの磁界の強度を磁界検出部が検出する都度、この磁界検出部による磁界強度検出値と閾値記憶部内の閾値とを比較して磁界強度検出値と閾値との大小を判定し、この磁界強度検出値が閾値未満である場合、位置算出部の最適化収束計算を禁止し、この磁界強度検出値が閾値以上である場合、位置算出部の最適化収束計算を許可するようにし、その他を実施の形態 1 と同様に構成した。このため、上述した実施の形態 1 の場合と同様の作用効果を受るとともに、位置検出が可能な空間内にカプセル型内視鏡が存在しない状態において位置算出部の最適化収束計算を停止することができ、これによって、最適化収束計算の実行に消費される装置電力を削減可能な位置検出装置を実現することができる。

【 0 1 5 0 】

また、位置検出が可能な空間内にカプセル型内視鏡が存在しない状態において位置算出部の最適化収束計算を実行しないため、誤差の大きいカプセル型内視鏡の位置を算出して最適化収束計算の誤差値が発散するという事態を防止できる。これによって、次の最適化収束計算の際に、誤差の大きい計算開始点を設定することが無くなり、この結果、誤差値が収束した後の正常な最適化収束計算を実行した際に間違えて誤差値を発散させるという事態を防止することができる。

【 0 1 5 1 】

なお、上述した本発明の実施の形態 3 では、カプセル型内視鏡 3 2 に 1 つの検出コイル 3 2 b を内蔵していたが、これに限らず、カプセル型内視鏡 3 2 に複数の検出コイルを内蔵してもよい。この場合、かかる複数の検出コイルに複数の磁界を印加するドライブコイル群 3 5 a , 3 5 b に含まれるドライブコイルの配置数とこれら複数の検出コイルの配置数との積が 6 以上であることが望ましい。

【 0 1 5 2 】

また、上述した本発明の実施の形態 1 ~ 4 では、被検体内部に導入されたカプセル型内視鏡を磁気誘導するカプセル誘導システムに組み込まれ、被検体内部におけるカプセル型内視鏡の位置情報を検出する位置検出装置を例示したが、これに限らず、本発明にかかる位置検出装置は、検知体の磁界情報の測定値と理論値との誤差を表す評価関数に基づく最適化収束計算を実行して位置情報を検出するものであればよく、特に、カプセル誘導システムに組み合わせられた位置検出装置に限定されない。

【 0 1 5 3 】

さらに、本発明にかかる位置検出装置によって位置情報が検出される検知体は、上述したカプセル型内視鏡等の医療装置に限定されない。また、かかる検知体として位置情報が検出されるカプセル型医療装置は、上述したカプセル型内視鏡に限らず、生体内の pH を

10

20

30

40

50

計測するカプセル型 pH 計測装置であってもよいし、生体内に薬剤を散布または注射する機能を備えたカプセル型薬剤投与装置であってもよいし、生体内の物質を採取するカプセル型採取装置であってもよい。

【 0 1 5 4 】

また、上述した実施の形態 2 , 3 では、磁界検出部 1 1 から各検出コイル 1 2 の磁界強度検出値 B_{d1} , B_{d2} を取得する都度、位置算出部 1 3 の最適化収束計算を実行していたが、これに限らず、実施の形態 4 の場合と同様に、かかる各検出コイル 1 2 の磁界強度検出値 B_{d1} , B_{d2} を取得する都度、取得した磁界強度検出値 B_{d1} , B_{d2} のうちの最大値と設定閾値とを比較し、この比較結果に応じて最適化収束計算の実行を許可または禁止してもよい。すなわち、実施の形態 2 , 3 にかかる位置検出装置 2 3 , 3 4 は、
10 上述した閾値記憶部 4 5 をさらに備えてもよく、且つ、位置検出装置 2 3 , 3 4 の制御部 2 7 , 3 8 は、上述したレベル判定部 4 6 d および出力部 4 6 e をさらに備えてもよい。

【 0 1 5 5 】

この場合、実施の形態 2 , 3 にかかる位置検出装置 2 3 , 3 4 の閾値記憶部 4 5 は、ドライブコイル群内に含まれる複数の磁界発生コイルの軸方向（開口方向）別に、カプセル型内視鏡に関する磁界情報の閾値を複数記憶する。制御部 2 7 , 3 8 は、これら複数の磁界発生コイルのうちのカプセル型内視鏡に磁界を印加する磁界発生コイルに対応して、閾値記憶部 4 5 内の複数の閾値の中から、この磁界情報の測定値（すなわち磁界強度検出値 B_{d1} , B_{d2} のうちの最大値）と比較する閾値を選択する。

【 0 1 5 6 】

かかる制御部 2 7 , 3 8 において、レベル判定部 4 6 d は、コイル選択部に対する制御信号をもとに、ドライブコイル群の中から駆動中の磁界発生コイルを識別し、この識別した磁界発生コイルに対応する閾値を閾値記憶部 4 5 内の複数の閾値の中から選択する。そして、レベル判定部 4 6 d は、この選択した閾値を閾値記憶部 4 5 から読み出し、実施の形態 4 の場合と同様に、この閾値と磁界強度検出値 B_{d1} , B_{d2} のうちの最大検出値とを比較して、この最大検出値と閾値との大小を判定する。出力部 4 6 e は、実施の形態 4 の場合と同様に、この最大検出値が閾値未満である場合に実行禁止の制御信号を位置算出部 1 3 に出力すればよい。

【産業上の利用可能性】

【 0 1 5 7 】

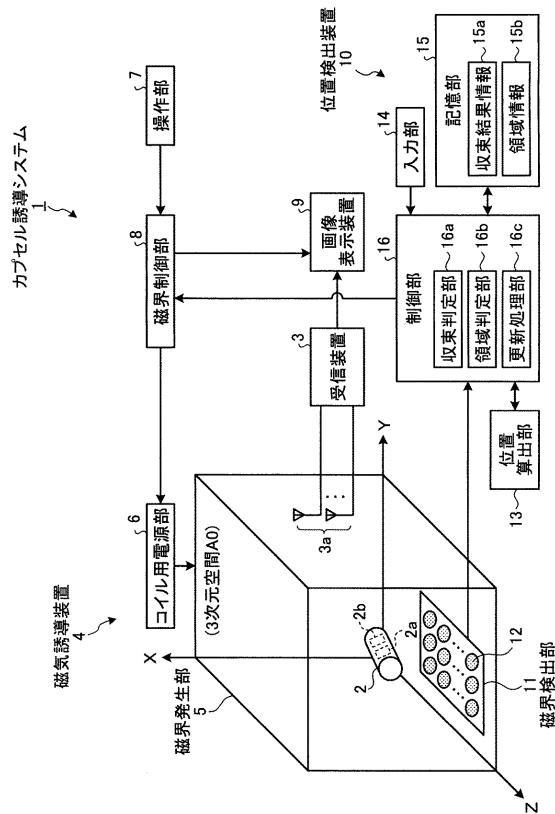
以上のように、本発明にかかる位置検出装置は、3次元空間内における検知体の位置の検出に有用であり、特に、被検体内部に導入されたカプセル型内視鏡の位置情報および方向情報を算出する最適化収束計算の誤差値が発散した際に、この最適化収束計算の誤差値の収束状態を短時間に復帰できる位置検出装置に適している。

10

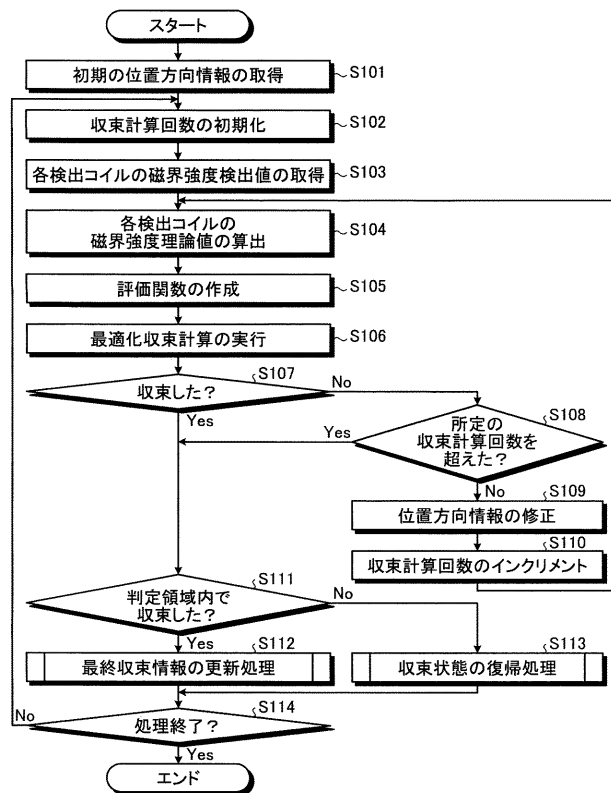
20

30

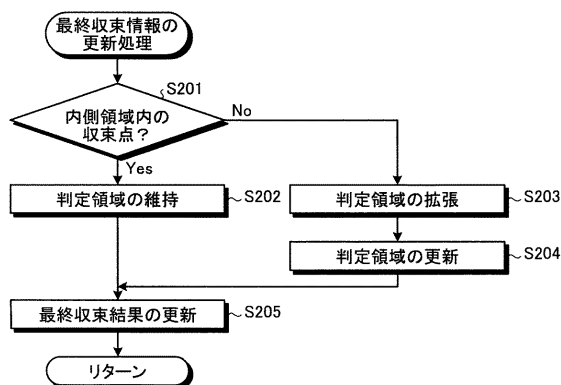
【図 1】



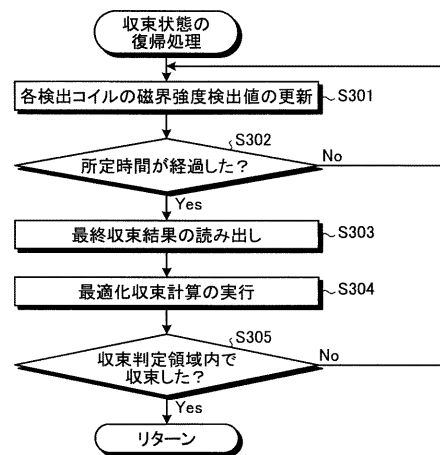
【図 2】



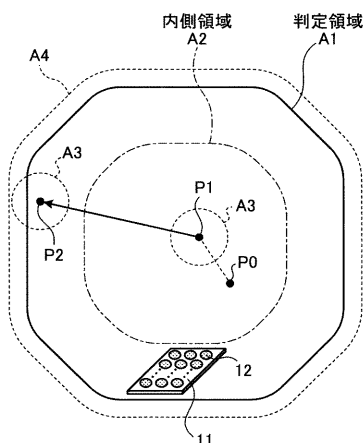
【図 3】



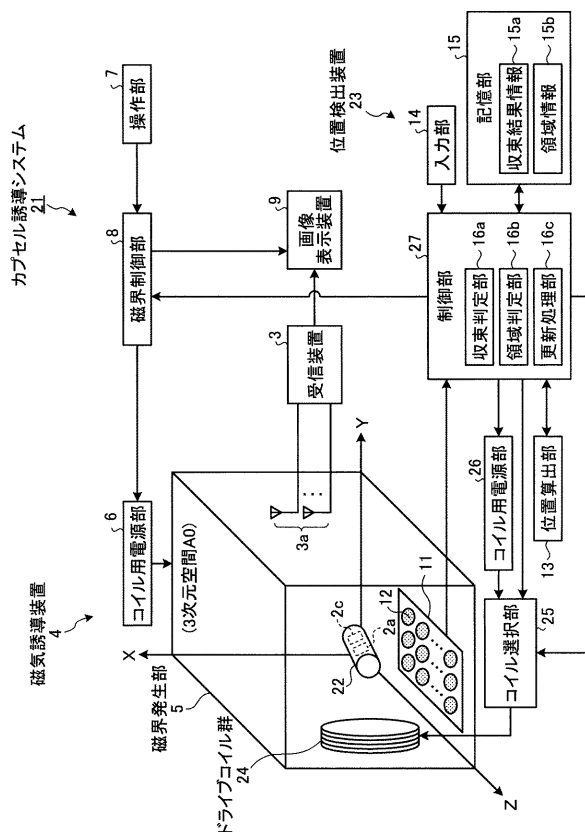
【図 4】



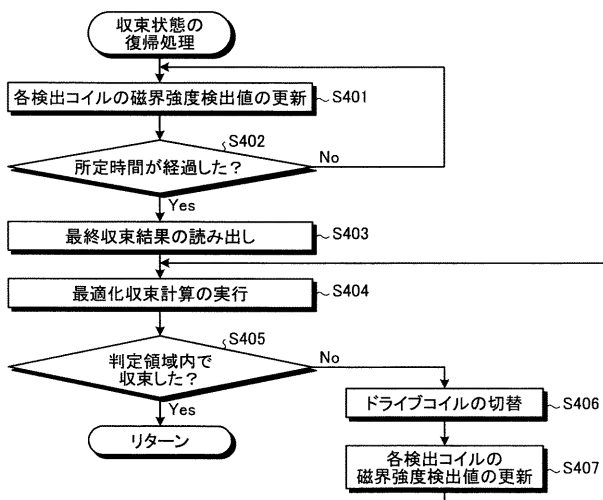
【図 5】



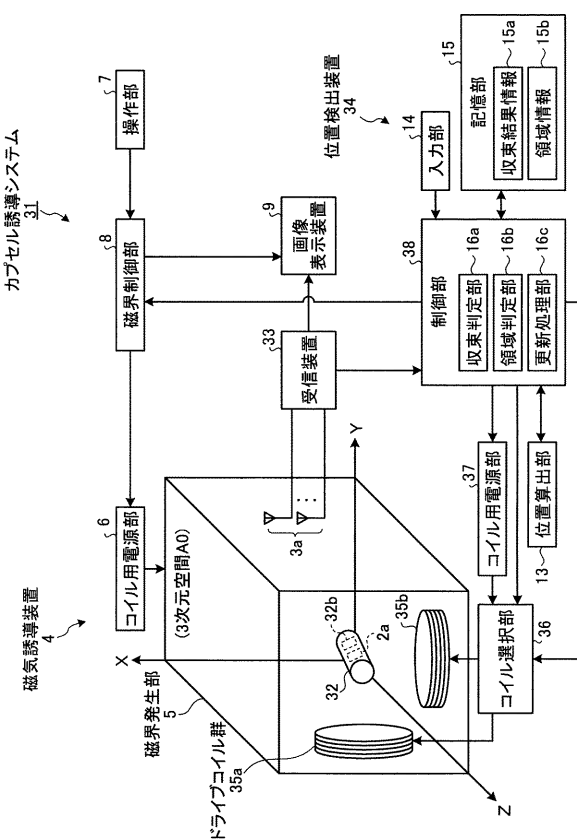
【図 6】



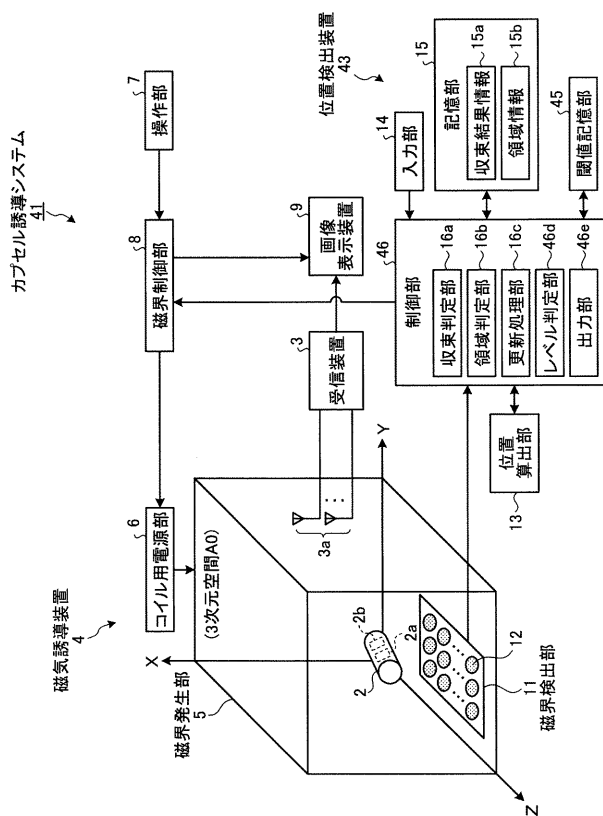
【図 7】



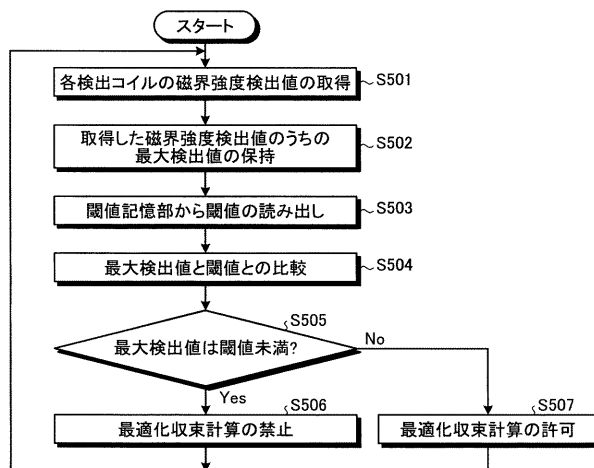
【図 8】



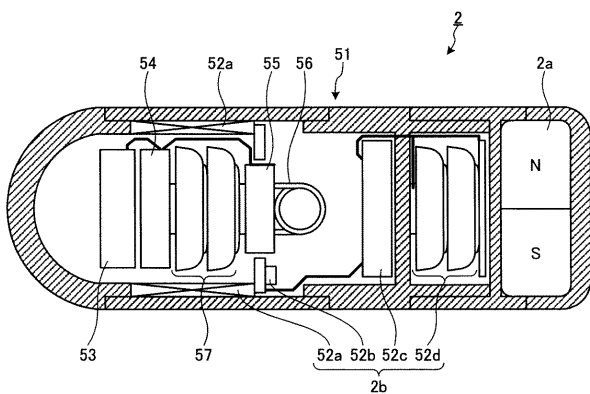
【図 9】



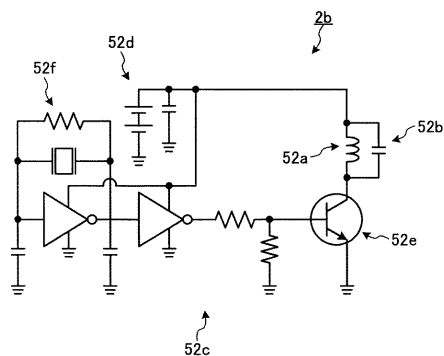
【図 10】



【図 11】



【図 12】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/067330

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER A61B1/00(2006.01) i, A61B5/07(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, A61B5/07		
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 1996-2008 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2008 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2008		
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 8-98824 A (CTF Systems Inc.), 16 April, 1996 (16.04.96), Par. Nos. [0073] to [0079] (Family: none)	1-12
A	JP 8-103420 A (CTF Systems Inc.), 23 April, 1996 (23.04.96), Par. Nos. [0121] to [0127] (Family: none)	1-12
A	JP 2004-295443 A (Japan Science and Technology Agency), 21 October, 2004 (21.10.04), Par. Nos. [0021] to [0036] (Family: none)	1-12
☒ 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 10 December, 2008 (10.12.08)		Date of mailing of the international search report 22 December, 2008 (22.12.08)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/067330

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 5-197767 A (Fujitsu Ltd.), 06 August, 1993 (06.08.93), & US 5594849 A	1-12
A	JP 2002-186675 A (Japan Science and Technology Corp.), 02 July, 2002 (02.07.02), (Family: none)	1-12
A	JP 2000-337811 A (Japan Science and Technology Corp.), 08 December, 2000 (08.12.00), (Family: none)	1-12
A	JP 2001-179700 A (Tohoku Techno Arch Co., Ltd.), 03 July, 2001 (03.07.01), (Family: none)	1-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/067330

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.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

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:

The matter common to the inventions of claims 1-12 and the inventions of claims 13-18 is not novel since it is disclosed in document JP 8-98824 A (CTF Systems Inc.), 16 April, 1996 (16.04.96), document JP 8-103420 A (CTF Systems Inc.), 23 April, 1996 (23.04.96), and document JP 2004-295443 A (Japan Science and Technology Agency), 21 October, 2004 (21.10.04).

In consequence, the inventions of claims 1-12 are categorized as the main invention, and the inventions of claims 13-18 are categorized into another division. Therefore, the claims of the present application define two inventions. (Continued to the extra sheet.)

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.: 1 - 12

Remark on Protest
the

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, 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/JP2008/067330

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet(2)

Consequently, claims 1-18 do not comply with the unity of invention.

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 0 8 / 0 6 7 3 3 0									
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, A61B5/07(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, A61B5/07											
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2008年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2008年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2008年</td> </tr> </table>				日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2008年	日本国実用新案登録公報	1996-2008年	日本国登録実用新案公報	1994-2008年
日本国実用新案公報	1922-1996年										
日本国公開実用新案公報	1971-2008年										
日本国実用新案登録公報	1996-2008年										
日本国登録実用新案公報	1994-2008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 請求の範囲の番号									
A	JP 8-98824 A (シー ティー エフ システムズ インコーポレー テッド) 1996.04.16, 段落【0073】-【0079】 (ファミリーなし)	1-12									
A	JP 8-103420 A (シー ティー エフ システムズ インコーポレー テッド) 1996.04.23, 段落【0121】-【0127】 (ファミリーなし)	1-12									
☒ 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 10.12.2008		国際調査報告の発送日 22.12.2008									
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) 小田倉 直人 電話番号 03-3581-1101 内線 3292	2Q 9163								

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 0 8 / 0 6 7 3 3 0
C (続き) . 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 請求の範囲の番号
A	JP 2004-295443 A (独立行政法人 科学技術振興機構) 2004. 10. 21, 段落【0021】－【0036】 (ファミリーなし)	1－12
A	JP 5-197767 A (富士通株式会社) 1993. 08. 06, & US 5594849 A	1－12
A	JP 2002-186675 A (科学技術振興事業団) 2002. 07. 02, (ファミリーなし)	1－12
A	JP 2000-337811 A (科学技術振興事業団) 2000. 12. 08, (ファミリーなし)	1－12
A	JP 2001-179700 A (株式会社 東北テクノアーチ) 2001. 07. 03, (ファミリーなし)	1－12

国際調査報告

国際出願番号 PCT/J P 2 0 0 8 / 0 6 7 3 3 0

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（PCT17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. ☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をする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. ☐ 請求の範囲 _____ 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。

請求の範囲1-12に係る発明と請求の範囲13-18に係る発明とに共通する事項は、文献JP 8-98824 A（シー ティー エフ システムズ インコーポレーテッド）1996.04.16, 文献JP 8-103420 A（シー ティー エフ システムズ インコーポレーテッド）1996.04.23, 文献JP 2004-295443 A（独立行政法人 科学技術振興機構）2004.10.21に開示されているから、新規なものではない。

その結果、主発明に請求の範囲1-12を区分し、一方、請求の範囲13-18を別の区分とするから、本願の請求の範囲には2の発明が記載されているものと認められる。

よって、請求の範囲1-18は発明の単一性を満たしていない。

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の範囲について作成した。
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の範囲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ので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲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ので、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の範囲について作成した。

請求の範囲1-12

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））（2007年4月）

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LS,MW,MZ,NA,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),
EP(AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,MT,NL,NO,PL,PT,RO,SE,SI,SK,T
R),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,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,K
G,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,PG,PH,PL,PT
,RO,RS,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,ST,SV,SY,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,ZA,ZM,ZW

(72)発明者 佐藤 良次

東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 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) 2F063 AA04 BA29 BB08 DA01 DD06 DD07 GA01 LA05 LA09 LA16

LA29 NA01 NA07 NA08 PA10

4C038 CC07

4C061 FF41 HH51 JJ17

(注) この公表は、国際事務局 (W I P O) 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 1 8 4 条の 1 0 第 1 項(実用新案法第 4 8 条の 1 3 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)	位置検出装置		
公开(公告)号	JPWO2009041524A1	公开(公告)日	2011-01-27
申请号	JP2009534374	申请日	2008-09-25
[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	木村敦志 内山昭夫 千葉淳 佐藤良次		
发明人	木村 敦志 内山 昭夫 千葉 淳 佐藤 良次		
IPC分类号	A61B1/00 A61B5/07 G01B7/00		
CPC分类号	A61B34/73 A61B1/00158 A61B1/041 A61B1/05 A61B5/062 A61B2034/2051 A61M25/0127		
FI分类号	A61B1/00.320.Z A61B1/00.320.B A61B5/07 G01B7/00.103.M		
F-TERM分类号	2F063/AA04 2F063/BA29 2F063/BB08 2F063/DA01 2F063/DD06 2F063/DD07 2F063/GA01 2F063/LA05 2F063/LA09 2F063/LA16 2F063/LA29 2F063/NA01 2F063/NA07 2F063/NA08 2F063/PA10 4C038/CC07 4C061/FF41 4C061/HH51 4C061/JJ17		
代理人(译)	酒井宏明		
优先权	2007247922 2007-09-25 JP		
其他公开文献	JPWO2009041524A5 JP5361729B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

本发明的目的在于，当用于计算检测目标的位置和方向信息的最优化收敛计算中的误差值发散时，优化收敛计算中的误差值的状态可以返回到收敛状态很短的时间。本发明的位置检测装置（10）具有检测由胶囊型内窥镜（2）内的磁场产生部（2b）产生的磁场的磁场检测部（11）。位置计算器（13），其通过使用表示误差的评估值执行最优化收敛计算来计算囊状内窥镜（2）的位置和方向信息在由所述磁场检测部（11）检测出的磁场信息的测定值与理论值之间，存储包含所述最优收敛计算的最终收敛结果的收敛结果信息（15a）的存储部（15）（16）控制这些组件。控制器（16）确定最优化收敛计算的结果是否收敛。当最优化收敛计算的结果不收敛时，控制器（16）暂停位置计算器（13）的操作，并且在经过预定时间之后，使位置计算器（13）开始使用最优化收敛计算最终收敛结果。

