

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5361729号
(P5361729)

(45) 発行日 平成25年12月4日(2013.12.4)

(24) 登録日 平成25年9月13日(2013.9.13)

(51) Int.Cl.

A61B 1/00 (2006.01)

F 1

A 6 1 B 1/00 320 Z
A 6 1 B 1/00 320 B

請求項の数 18 (全 36 頁)

(21) 出願番号 特願2009-534374 (P2009-534374)
 (86) (22) 出願日 平成20年9月25日 (2008.9.25)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2008/067330
 (87) 国際公開番号 WO2009/041524
 (87) 国際公開日 平成21年4月2日 (2009.4.2)
 審査請求日 平成23年6月27日 (2011.6.27)
 (31) 優先権主張番号 特願2007-247922 (P2007-247922)
 (32) 優先日 平成19年9月25日 (2007.9.25)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 304050923
 オリンパスメディカルシステムズ株式会社
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
 (74) 代理人 100089118
 弁理士 酒井 宏明
 (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) 【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

20

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。

【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、

10

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、

20

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2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、

30

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、

40

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

50

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請求項2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、
10

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を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。
20

【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、
30

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請求項2に記載の位置検出装置。

【請求項12】

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、
40

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請求項11に記載の位置検出装置。
40

【請求項13】

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
50

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。 10

【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。 10

【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、 20

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。 10

【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関する複数の閾値を記憶し、 30

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 1 7 に記載の位置検出装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

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。 10

【背景技術】

【0 0 0 2】

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。 40

【0 0 0 3】

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 50

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

10

【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】

30

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。

【0008】

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。

40

【課題を解決するための手段】

【0009】

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

50

たことを特徴とする。

【0010】

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。

【0011】

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。
10

【0012】

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行ふことを特徴とする。
20

【0013】

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行ふことを特徴とする。
30

【0014】

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行ふことを特徴とする。

【0015】

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行ふことを特徴とする。
40

【0016】

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。

【0017】

10

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。

【0018】

20

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。

【0019】

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。

【0020】

30

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。

【0021】

40

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

50

計算を禁止する制御部と、を備えたことを特徴とする。

【0022】

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。

【0023】

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。

10

【0024】

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。

【0025】

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。

20

【0026】

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】

30

【0027】

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するよう構成している。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。

40

【0028】

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

50

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っ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。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【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。

【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。

【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。

【発明を実施するための最良の形態】

【0030】

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。

【0031】

(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

10

20

30

40

50

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。

【 0 0 3 2 】

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 2 a 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 2 b とをカプセル型筐体内部に備える。磁石 2 a 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随して動作する。カプセル型内視鏡 2 は、かかる磁石 2 a 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 2 b 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 2 b 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 1 1 によって検出される。10

【 0 0 3 3 】

受信装置 3 は、複数の受信アンテナ 3 a を有し、これら複数の受信アンテナ 3 a 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 3 a 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 3 a 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。20

【 0 0 3 4 】

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。30

【 0 0 3 5 】

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て実現され、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。40

【 0 0 3 6 】

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50

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。

【0037】

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。

【0038】

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。

【0039】

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。

【0040】

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A0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を画像表示装置9に送出する。

【0041】

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。

【0042】

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。

【0043】

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

10

20

30

40

50

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 V_{d_1}, \dots, V_{d_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 B_{d_1}, \dots, B_{d_n} を取得する。磁界検出部 11 は、かかる磁界強度検出値 B_{d_1}, \dots, B_{d_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。

【 0 0 4 4 】

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。10

【 0 0 4 5 】

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 B_{d_1}, \dots, B_{d_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 B_{d_1}, \dots, B_{d_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。20

【 0 0 4 6 】

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。30

【 0 0 4 7 】

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 を記憶する。40

【 0 0 4 8 】

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50

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 15 b 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 A0 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。10

【 0 0 4 9 】

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。

【 0 0 5 0 】

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 16 a と、3 次元空間 A0 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 16 b 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 16 c とを有する。20

【 0 0 5 1 】

収束判定部 16 a 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 16 a 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 15 a 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 $p(x, y, z, m_x, m_y, m_z)$ の情報が挙げられる。30

【 0 0 5 2 】

領域判定部 16 b 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 16 b 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 16 b 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を記憶する。40

【 0 0 5 3 】

更新処理部 16 c 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 16 c は、収束判定部 16 a 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 16 a 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 16 c 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 15 a の一部として記憶部 15 に記憶させる。一方、更新処理部 16 c は、上述した判50

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。

【0054】

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。

【0055】

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。10

【0056】

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Bd₁, ..., Bd_n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Bd₁, ..., Bd_n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Bd₁, ..., Bd_n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Bd₁, ..., Bd_nを位置算出部13に送出する。20

【0057】

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Bd₁, ..., Bd_n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。

【0058】

続いて、制御部16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12の磁界強度理論値を位置算出部13に算出させる(ステップS104)。このステップS104において、制御部16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12の位置座標r_{s_i}(iは1~nの整数)とを位置算出部13に送出する。なお、かかる仮のベクトルpは、位置算出部13の収束計算回数が1回目である場合、上述したステップS101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13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13は、制御部16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12の位置座標r_{s_i}とともに各検出コイル12の磁界強度検出理論値を算出する。30

【0059】

具体的には、位置算出部13は、かかる制御部16から取得した仮のベクトルpをもとに、3次元空間A0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13は、この位置座標r_c(x, y, z)とi番目の検出コイル12の位置座標r_{s_i}(x_i, y_i, z_i)との距離ベクトルr_i(x_i-1, 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12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13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12が磁気ダイポールモーメントMによる磁界(40

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。

【0060】

【数1】

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

【0061】

10

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_{d1}, \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。

【0062】

【数2】

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

20

【0063】

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。

【0064】

30

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 S 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。

【0065】

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。

【0066】

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收

50

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16は、最適化収束計算の結果が収束した場合（ステップS107, 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S111）。

【0067】

このステップS111において、領域判定部16b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16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S111, Yes）、位置算出部13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S112）。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16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S113）。

10

【0068】

かかる制御部16は、ステップS112またはS113を実行した後、処理を終了するか否かを判断し（ステップS114）、終了しない場合（ステップS114, No）、上述したステップS102に戻り、このステップS102以降の処理手順を繰り返す。一方、制御部16は、例えば入力部14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S114, Yes）、本処理を終了する。

20

【0069】

一方、上述したステップS108において、制御部16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S108, Yes）、上述したステップS111に進み、このステップS111以降の処理手順を繰り返す。この場合、収束判定部16aは、このステップS108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16は、その後のステップS111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S111, No）、ステップS113に進み、このステップS113以降の処理手順を繰り返す。

30

【0070】

つぎに、上述した最終収束情報の更新処理（ステップS112）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10の制御部16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16は、位置算出部13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S201）。このステップS201において、領域判定部16bは、記憶部15内の領域情報15b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。

40

【0071】

制御部16は、この収束点が内側領域内である場合（ステップS201, Yes）、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S202）。すなわち、制御部16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。

【0072】

50

一方、制御部 16 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 201, No）、この内側領域の外側の判定領域を拡張して（ステップ S 203）、判定領域を更新する（ステップ S 204）。かかるステップ S 203, S 204において、更新処理部 16c は、位置検出装置 10 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 16c 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 15b の一部として記憶部 15 に記憶される。

【0073】

かかるステップ S 202 または S 204 の処理手順を実行した制御部 16 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 205）、上述したステップ S 112 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 15a の一部として記憶部 15 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、次回の最適化収束計算の計算開始点に用いられる。10

【0074】

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 113）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 10 の制御部 16 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。

【0075】

図 4 に示すように、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 12 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 301）、上述したステップ S 103 において各検出コイル 12 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 302, No）、このステップ S 301 の処理手順を繰り返す。制御部 16 は、かかるステップ S 301, S 302 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 13 の演算処理を所定の時間停止する。20

【0076】

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 12 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 16 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 12 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 13 の演算処理を停止させるとともに各検出コイル 12 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。30

【0077】

制御部 16 は、かかる所定の時間が経過した場合（ステップ S 302, Yes）、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 S 303）、この読み出した最終収束結果と、ステップ S 301 において更新された各検出コイル 12 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 13 に送出する。制御部 16 は、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 S 304）。なお、このステップ S 304 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 16c 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。40

【0078】

このステップ S 304 において、位置算出部 13 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

50

20

30

40

50

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13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S301, S302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13は、この1回の最適化収束計算の結果を制御部16に送出する。

【0079】

制御部16は、ステップS304において位置算出部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判定領域内で収束したか否かを判定する(ステップS305)。このステップS305において、収束判定部16a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16b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16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S305, Yes)、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ることになり、上述したステップS113にリターンする。

【0080】

一方、制御部16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S305, No)、上述したステップS301に戻り、このステップS301以降の処理手順を繰り返す。

【0081】

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。

【0082】

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更新処理(ステップS112)と収束状態の復帰処理(ステップS113)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P0, P1, P2は、位置算出部13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P2は、位置P1の次に算出された位置座標であり、位置P0は、位置P1に比して以前に算出された収束点である。

【0083】

制御部16は、図5に示すように、磁界検出部11が複数の検出コイル12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A1を設定し、この判定領域A1内(例えば判定領域A1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A3を考慮して内側領域A2を設定する。この場合、内側領域A2は、かかるカプセル型内視鏡2の位置ばらつき範囲A3を判定領域A1内に確実に収めることができ可能な領域である。すなわち、内側領域A2内のカプセル型内視鏡2の位置(例えば位置P1)は、位置ばらつき範囲A3を含めて確実に判定領域A1内に収まる。これは、内側領域A2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。

【0084】

ここで、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内で収束しているか否かを判定する。この場合、収束判定部16aは、この位置P1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16bは、この位置P1が判定領域A1内であるか否かを判定する。かかる収束判定部16aおよび領域判定部16bによってこの最適化収束計算の結

10

20

30

40

50

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 16 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 5 】

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 16 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 16 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 16 は、この判定領域 A 1 を維持し、更新処理部 16 c は、この位置 P 1 を示すベクトル p (x , y , z , m x , m y , m z) を最終収束結果に更新する。

10

【 0 0 8 6 】

制御部 16 は、かかる位置 P 1 の次の位置 P 2 を位置算出部 13 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）を次回の最適化収束計算の計算開始点にする。位置算出部 13 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 B₁, . . . , B_n を算出する。また、位置算出部 13 は、この算出した磁界強度理論値 B₁, . . . , B_n と各検出コイル 12 の磁界強度検出値 B_{d1}, . . . , 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。

20

【 0 0 8 7 】

ここで、制御部 16 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 16 は、収束判定部 16 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 16 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 8 】

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 16 b は、この位置 P 2 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。なお、内側領域 A 2 は、この判定領域 A 1 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 A 1 の内側に設定される。ここで、この位置 P 2 が図 5 に示すように内側領域 A 2 外の位置座標である場合、領域判定部 16 b は、この位置 P 2 を内側領域 A 2 外の収束点であると判定する。この場合、更新処理部 16 c は、この位置 P 2 の位置ばらつき範囲 A 3 に対応して判定領域 A 1 を判定領域 A 4 に拡張し（すなわち位置ばらつき範囲 A 3 に相当する空間だけ判定領域 A 1 を拡張した判定領域 A 4 を設定し）、この拡張後の判定領域 A 4 を最終の判定領域に更新する。この場合、位置 P 2 の位置ばらつき範囲 A 3 は、かかる拡張後の判定領域 A 4 内に収まる。また、更新処理部 16 c は、この位置 P 2 を示すベクトル p (x , y , z , m x , m y , m z) を最終収束結果に更新する。

30

【 0 0 8 9 】

一方、制御部 16 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 P 1 が収束点ではない場合、この位置 P 1 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 P 0 に対応する最終収束結果を次回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 P 0 は、拡張前の判定領域 A 1 内の収束点である。

40

50

【0090】

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回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。

【0091】

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、この収束結果を次回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)を次回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、次回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。

【0092】

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回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回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。

【0093】

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收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回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。

【0094】

(実施の形態2)

10

20

30

40

50

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。

【0095】

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。

10

【0096】

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Bd₁, ..., Bd_n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。

20

【0097】

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。

30

【0098】

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。

【0099】

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量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。

40

【0100】

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

50

イル 1 2 によって検出された L C マーカ 2 c の誘導磁界の磁界強度検出値 B_{d_1}, \dots, B_{d_n} を磁界検出部 1 1 から取得する。制御部 2 7 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_1, \dots, B_n を算出し、かかる誘導磁界の各磁界強度検出値 B_{d_1}, \dots, B_{d_n} と各磁界強度理論値 B_1, \dots, B_n 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 1 3 に実行させる。また、制御部 2 7 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 1 3 の演算処理を停止する制御に加え、ドライブコイル群 2 4 の切替動作を制御する。かかる制御部 2 7 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 1 0 の制御部 1 6 と同様である。

【0101】

10

つぎに、本発明の実施の形態 2 にかかる位置検出装置 2 3 の動作について説明する。位置検出装置 2 3 が被検体内部におけるカプセル型内視鏡 2 2 の位置方向情報を検出する場合、制御部 2 7 は、上述した実施の形態 1 にかかる位置検出装置 1 0 の制御部 1 6 の処理手順(ステップ S 101 ~ S 114、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 2 7 は、上述したステップ S 113 における収束状態の復帰処理に代えて、位置算出部 1 3 の演算処理を停止する制御につづき、ドライブコイル群 2 4 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。

【0102】

図 7 は、実施の形態 2 にかかる位置検出装置 2 3 の制御部 2 7 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 2 7 は、上述したステップ S 301, S 302(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 S 401)、所定の時間が経過していなければ(ステップ S 402, No)、このステップ S 401, S 402 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 1 3 の演算処理を所定の時間停止する。

20

【0103】

また、制御部 2 7 は、所定の時間が経過した場合(ステップ S 402, Yes)、上述したステップ S 303, S 304(図 4 参照)と同様に、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 403)、この読み出した最終収束結果と、ステップ S 401 において更新された各検出コイル 1 2 の磁界強度検出値とを位置算出部 1 3 に送出して、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 404)。その後、制御部 2 7 は、上述したステップ S 305(図 4 参照)と同様に、位置算出部 1 3 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 S 405)。

30

【0104】

40

ここで、ステップ S 404 において位置算出部 1 3 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 S 405, No)、制御部 2 7 は、ドライブコイル群 2 4 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コイル選択部 2 5 を制御する(ステップ S 406)。このステップ S 406 において、コイル選択部 2 5 は、かかる制御部 2 7 の制御に基づいて、ドライブコイル群 2 4 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 L C マーカ 2 c 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 2 5 によって切り替えられるドライブコイル群 2 4 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 L C マーカ 2 c に印加する。

【0105】

つぎに、制御部 2 7 は、このステップ S 406 においてコイル選択部 2 5 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 L C マーカ 2 c が放出した誘導磁界の磁界強度検出値 B_{d_1}, \dots, B_{d_n} 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 1 2 の磁界強度検出値を更新する(ステップ S 407)。その後、制御部 2 7 は、上述した

50

ステップ S 404 に戻り、このステップ S 404 以降の処理手順を繰り返す。

【0106】

一方、ステップ S 404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 S 405, 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ることになり、上述したステップ S 113 にリターンする。

【0107】

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。

10

20

【0108】

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。

【0109】

（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ったが、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。

30

【0110】

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 31 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 21 のカプセル型内視鏡 22 に代えてカプセル型内視鏡 32 を備え、受信装置 3 に代えて受信装置 33 を備え、位置検出装置 23 に代えて位置検出装置 34 を備える。カプセル型内視鏡 32 は、上述した LC マーカ 2c に代えて検出コイル 32b を備え、この検出コイル 32b の磁界強度検出値と被検体の体内画像とを受信装置 33 に無線送信する。位置検出装置 34 は、上述した位置検出装置 23 のドライブコイル群 24 に代えてドライブコイル群 35a, 35b を備え、コイル選択部 25 に代えてコイル選択部 36 を備え、コイル用電源部 26 に代えてコイル用電源部 37 を備え、制御部 27 に代えて制御部 38 を備える。また、位置検出装置 34 は、上述した磁界検出部 11 を備えておらず、受信装置 33 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。

40

【0111】

カプセル型内視鏡 32 は、上述した実施の形態 2 におけるカプセル型内視鏡 22 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 32

50

は、カプセル型筐体の内部に、上述した L C 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 $B d_1, \dots, B d_n$ 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 2 】

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 $B d_1, \dots, B d_n$ 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 $1 \sim n$ の整数) 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 3 】

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 变数）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。

【 0 1 1 4 】

コイル選択部 3 6 は、ドライブコイルの切替部として機能し、制御部 3 8 の制御に基づいて、ドライブコイル群 3 5 a , 3 5 b 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 3 6 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 A 0 におけるカプセル型内視鏡 3 2 の現在位置に、検出コイル 3 2 b 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。

【 0 1 1 5 】

コイル用電源部 3 7 は、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数量に対応して複数の電源部を有し、制御部 3 8 の制御に基づいて、ドライブコイル群 3 5 a , 3 5 b の中からコイル選択部 3 6 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 3 7 が生成した交流信号は、コイル選択部 3 6 を介してドライブコイル群 3 5 a , 3 5 b 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。

【 0 1 1 6 】

制御部 3 8 は、上述したドライブコイル群 3 5 a , 3 5 b 、コイル選択部 3 6 、コイル用電源部 3 7 を制御する。具体的には、制御部 3 8 は、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をコイル選択部 3 6 に選択させ、このコイル選択部 3 6 に

10

20

30

40

50

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Bd₁, ..., Bd_n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B₁, ..., B_nを算出し、かかる複数の磁界の磁界強度検出値Bd₁, ..., Bd_nと磁界強度理論値B₁, ..., B_n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。

【0117】

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。

【0118】

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、その他を上述した実施の形態2と同じにした。このため、上述した実施の形態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。

【0119】

（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。上述した実施の形態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Bd₁, ..., Bd_n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Bd₁, ..., Bd_nを取得する都度、取得した磁界強度検出値Bd₁, ..., Bd_nのうちの一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。

【0120】

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。

【0121】

10

20

30

40

50

閾値記憶部 4 5 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 4 5 は、磁界検出部 1 1 の複数の検出コイル 1 2 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 2 b からの交番磁界）の磁界強度測定値、すなわち上述した各磁界強度検出値 $B d_1, \dots, B d_n$ に関する閾値を記憶する。

【 0 1 2 2 】

ここで、かかる閾値記憶部 4 5 が記憶する閾値は、3 次元空間 A 0 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 1 1 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 A 0 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 1 1 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 1 2 によって磁界強度を検出する。すなわち、磁界検出部 1 1 は、3 次元空間 A 0 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 1 2 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 2 b 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 2 b 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、上述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 4 5 に記憶される。

【 0 1 2 3 】

制御部 4 6 は、上述した実施の形態 1 にかかる位置検出装置 1 0 の制御部 1 6 の制御機能に加え、閾値記憶部 4 5 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 4 6 は、上述した収束判定部 1 6 a、領域判定部 1 6 b、および更新処理部 1 6 c を備え、さらに、レベル判定部 4 6 d および出力部 4 6 e を備える。かかる制御部 4 6 は、3 次元空間 A 0 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 4 5 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 1 3 の最適化収束計算を制御する。具体的には、制御部 4 6 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 1 3 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 1 3 の最適化収束計算を禁止する。なお、かかる制御部 4 6 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 1 0 の制御部 1 6 と同様である。

【 0 1 2 4 】

レベル判定部 4 6 d は、3 次元空間 A 0 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 4 5 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 4 6 d は、磁界検出部 1 1 から各検出コイル 1 2 による磁界強度検出値 $B d_1, \dots, B d_n$ を取得し、その都度、閾値記憶部 4 5 から閾値を読み出す。レベル判定部 4 6 d は、かかる磁界強度検出値 $B d_1, \dots, B d_n$ 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。

【 0 1 2 5 】

出力部 4 6 e は、上述した位置算出部 1 3 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 4 6 d 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 $B d_1, \dots, B d_n$ ）が閾値未満であると判定された場合、出力部 4 6 e 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 1 3 に出力する。

【 0 1 2 6 】

10

20

30

40

50

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Bd₁, ..., Bd_n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。

【0127】

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Bd₁, ..., Bd_nを取得し(ステップS501)、この取得した磁界強度検出値Bd₁, ..., Bd_n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Bd₁, ..., Bd_nを取得する都度、この取得した磁界強度検出値Bd₁, ..., Bd_nのうちの最大検出値を取得し、保持する。

【0128】

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502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。

【0129】

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。

【0130】

このステップS505, S506において、レベル判定部46dは、ステップS504における比較処理の結果、磁界強度検出値Bd₁, ..., Bd_n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46eは、かかるレベル判定部46d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13に出力する。

【0131】

ここで、かかる閾値記憶部45内の閾値は、3次元空間A0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Bd₁, ..., Bd_n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A0の外側、少なくとも位置検出装置43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46d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46e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13に送信する。

【0132】

かかる実行禁止の制御信号を受けた位置算出部13は、図2に示したステップS106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13は、検知体であるカプセル型内視鏡2が3次元空間A0(少なくとも位置検出装置43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にすむ。

10

20

30

40

50

【0133】

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Bd₁, ..., Bd_n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45に予め記憶される閾値は、かかる磁界強度検出値Bd₁, ..., Bd_n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。

【0134】

一方、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S505, No)、上述した位置算出部13の最適化収束計算を許可し(ステップS507)、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

【0135】

このステップS505, S506において、レベル判定部46dは、ステップS504における比較処理の結果、磁界強度検出値Bd₁, ..., Bd_n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46eは、上述した実行禁止の制御信号を位置算出部13に出力しない。この結果、位置算出部13は、最適化収束計算を許可され、図2に示したステップS104における最適化収束計算を開始または継続する。

【0136】

なお、制御部46は、図2に示したステップS103～S106の処理手順と並行してステップS501～S507の処理手順を実行してもよい。あるいは、制御部46は、上述したステップS102の実行後にステップS501～S505の処理手順を実行し、その後、ステップS506を実行した後にステップS104以降の処理手順を繰り返してもよいし、ステップS507を実行した後にステップS102以降の処理手順を繰り返してもよい。

20

【0137】

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12には、カプセル型内視鏡2の内部構成が図示されている。

【0138】

図11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51を備え、このカプセル型筐体51の内部に、上述した磁石2aおよび磁界発生部2bを備える。また、カプセル型内視鏡2は、カプセル型筐体51の内部に、撮像部53と、信号処理部54と、無線送信部55と、アンテナコイル56と、内視鏡用電池57とを備える。

30

【0139】

撮像部53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53は、カプセル型筐体51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。

【0140】

40

信号処理部54は、撮像部53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53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55は、かかる信号処理部54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55は、アンテナコイル56と接続され、この生成した無線信号をアンテナコイル56を介して外部の受信装置(図示せず)に送信する。

【0141】

内視鏡用電池57は、例えばボタン型電池であり、上述した撮像部53、信号処理部54、および無線送信部55に対して駆動電力を供給する。なお、かかる内視鏡用電池57は、上述した撮像部53、信号処理部54、および無線送信部55に必要な電力を所定時

50

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。

【0142】

磁石2a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11に示すようにカプセル型筐体51の後端部に配置される。これによって、磁石2aは、アンテナコイル56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56のアンテナ特性の劣化を防止する。また、磁石2aから発生する磁界がアンテナコイル56を可能な限り通過しないように、磁石2aは、その磁化方向がアンテナコイル56の開口方向に対しても垂直となるように配置される。一方、かかる磁石2aと磁界発生部2bの専用電池(磁界発生部用電池52d)との間には、カプセル型筐体51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2aの磁力が磁界発生部用電池52d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2aを内蔵するカプセル型筐体51の後端部は着脱可能であり、これによって、磁石2aを容易に内蔵または取り外しできるようになっている。10

【0143】

磁界発生部2b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11, 12に示すように、共振コイル52aと、共振用コンデンサ52bと、発振駆動回路52cと、磁界発生部用電池52dとを備える。20

【0144】

磁界発生部用電池52dは、磁界発生部2b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52dは、アンテナコイル56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56のアンテナ特性の劣化を防止する。また、カプセル型筐体51における磁界発生部用電池52d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52d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52dの電力は、発振駆動回路52cに供給される。

【0145】

発振駆動回路52cは、図12に示すように、スイッチング素子52eおよび水晶発振回路52fを用いて回路構成される。発振駆動回路52cは、磁界発生部用電池52dによって電力を供給された場合、水晶発振回路52f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52eを介して共振用コイル52aおよび共振用コンデンサ52bに出力する。30

【0146】

共振用コイル52aおよび共振用コンデンサ52bは、図12に示すように共振回路を形成し、発振駆動回路52c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52aおよび共振用コンデンサ52b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11によって検出される。

【0147】

なお、上述した磁界発生部用電池52dは、かかる共振用コイル52aおよび共振用コンデンサ52b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2bは、上述した内視鏡用電池57の電力を共用してもよく、この場合、磁界発生部用電池57を備えていなくてもよい。40

【0148】

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50

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享受するとともに、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。

【0149】

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、次回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っ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。10

【0150】

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32に1つの検出コイル32bを内蔵していたが、これに限らず、カプセル型内視鏡32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35a, 35b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。

【0151】

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。20

【0152】

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。30

【0153】

また、上述した実施の形態2, 3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Bd₁, … Bd_n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12の磁界強度検出値Bd₁, … Bd_nを取得する都度、取得した磁界強度検出値Bd₁, … Bd_n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23, 34は、上述した閾値記憶部45をさらに備えてもよく、且つ、位置検出装置23, 34の制御部27, 38は、上述したレベル判定部46dおよび出力部46eをさらに備えてもよい。40

【0154】

この場合、実施の形態2, 3にかかる位置検出装置23, 34の閾値記憶部45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27, 38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45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Bd₁, … Bd_nのうちの最大値)と比較する閾値を選択する。

【0155】

かかる制御部27, 38において、レベル判定部46dは、コイル選択部に対する制御

10

20

30

40

50

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45内の複数の閾値の中から選択する。そして、レベル判定部46dは、この選択した閾値を閾値記憶部45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Bd₁, ..., Bd_n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46e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13に出力すればよい。

【産業上の利用可能性】

【0156】

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

【符号の説明】

【0157】

<u>1, 21, 31, 41</u>	カプセル誘導システム	20
<u>2, 22, 32</u>	カプセル型内視鏡	
<u>2 a</u>	磁石	
<u>2 b</u>	磁界発生部	
<u>2 c</u>	L C マーカ	
<u>3</u>	受信装置	
<u>3 a</u>	受信アンテナ	
<u>4</u>	磁気誘導装置	
<u>5</u>	磁界発生部	
<u>6</u>	コイル用電源部	
<u>7</u>	操作部	30
<u>8</u>	磁界制御部	
<u>9</u>	画像表示装置	
<u>10, 23, 34, 43</u>	位置検出装置	
<u>11</u>	磁界検出部	
<u>12</u>	検出コイル	
<u>13</u>	位置算出部	
<u>14</u>	入力部	
<u>15</u>	記憶部	
<u>15 a</u>	収束結果情報	
<u>15 b</u>	領域情報	40
<u>16, 27, 38, 46</u>	制御部	
<u>16 a</u>	収束判定部	
<u>16 b</u>	領域判定部	
<u>16 c</u>	更新処理部	
<u>24, 35 a, 35 b</u>	ドライブコイル群	
<u>25, 36</u>	コイル選択部	
<u>26, 37</u>	コイル用電源部	
<u>32 b</u>	検出コイル	
<u>45</u>	閾値記憶部	
<u>46 d</u>	レベル判定部	
<u>46 e</u>	出力部	
<u>51</u>	カプセル型筐体	
<u>52 a</u>	共振用コイル	
<u>52 b</u>	共振用コンデンサ	

10

20

30

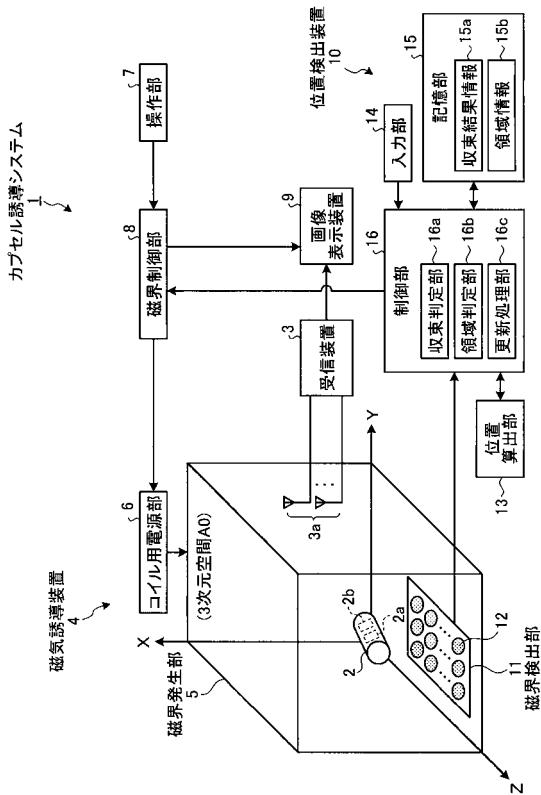
40

50

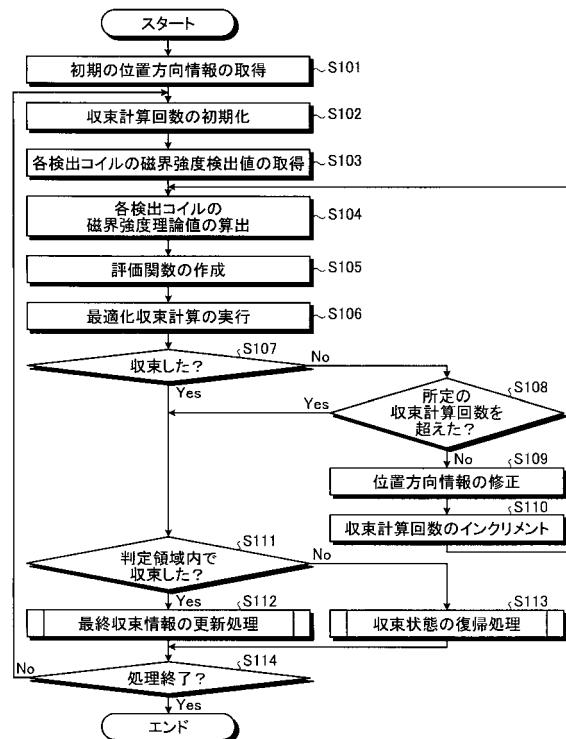
5 2 c	発振駆動回路
5 2 d	磁界発生部用電池
5 2 e	スイッチング素子
5 2 f	水晶発振回路
5 3	撮像部
5 4	信号処理部
5 5	無線送信部
5 6	アンテナコイル
5 7	内視鏡用電池
A 0	3次元空間
A 1 , A 4	判定領域
A 2	内側領域
A 3	位置ばらつき範囲
P 0 , P 1 , P 2	位置

10

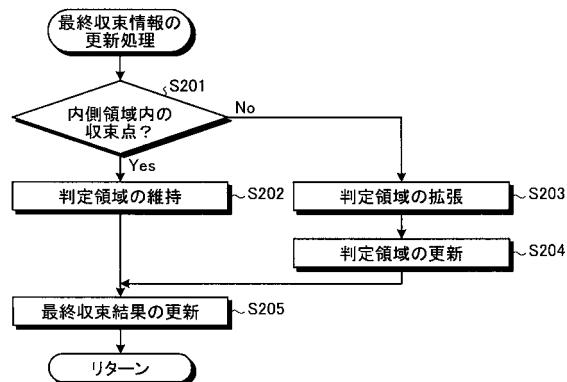
【図1】



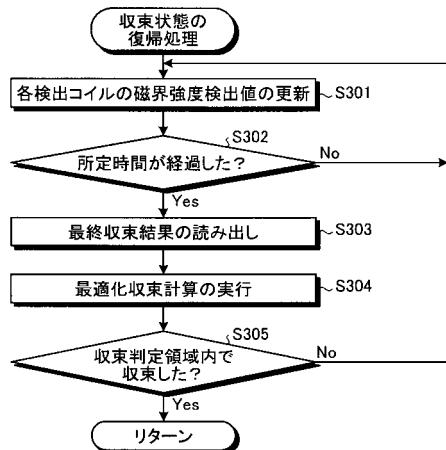
【図2】



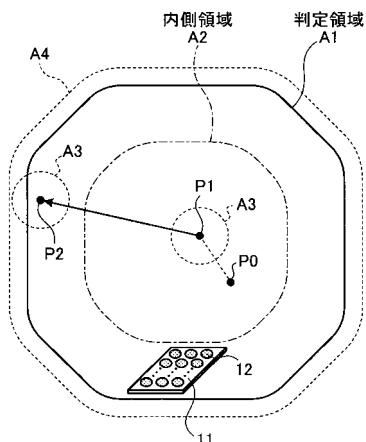
【図3】



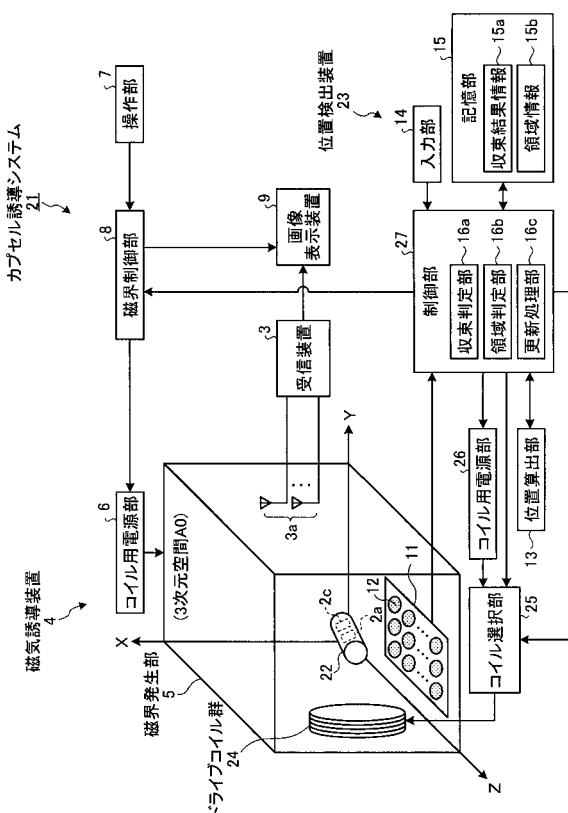
【図4】



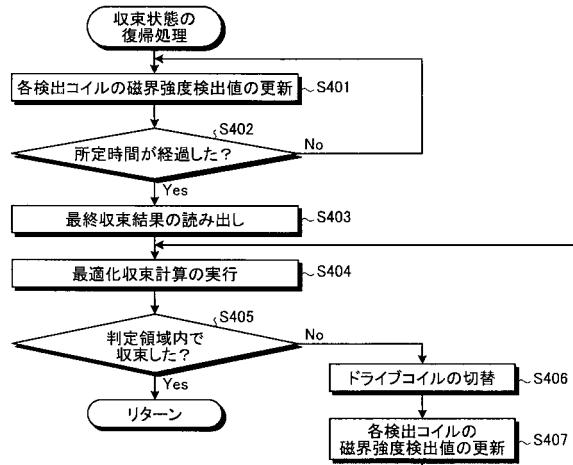
【図5】



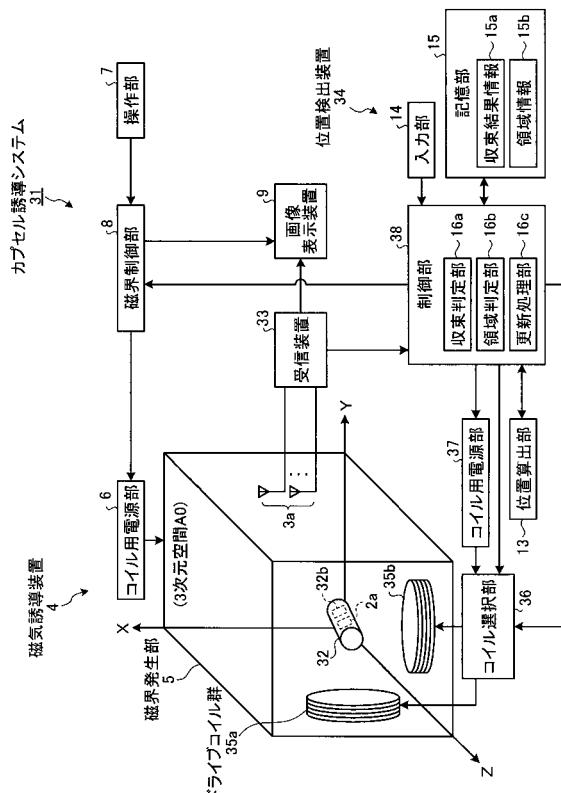
【図6】



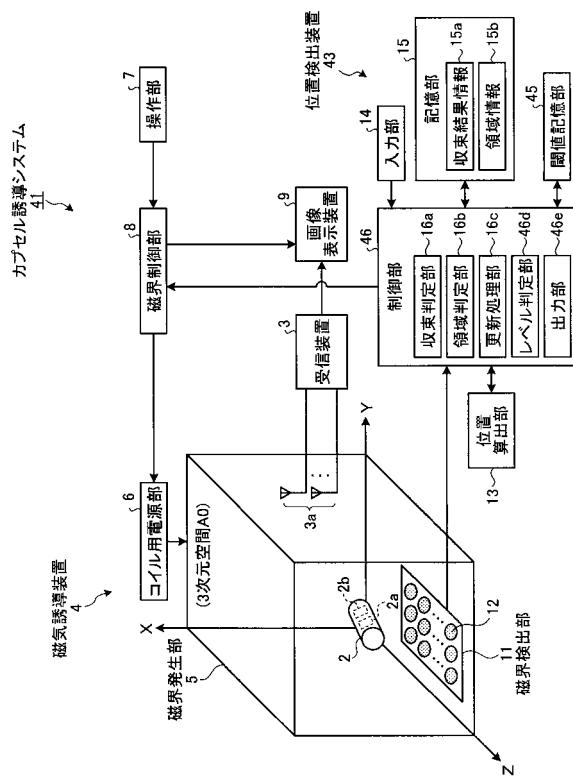
【図7】



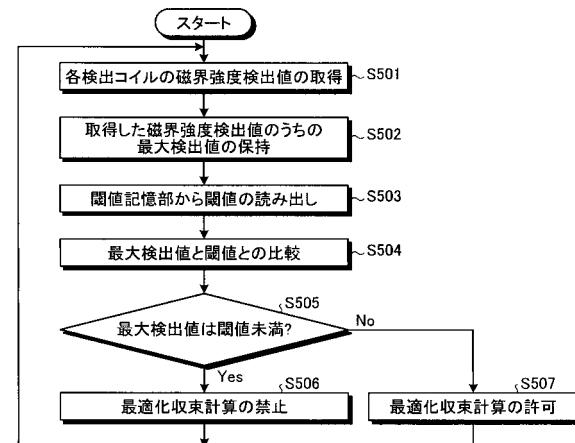
【図8】



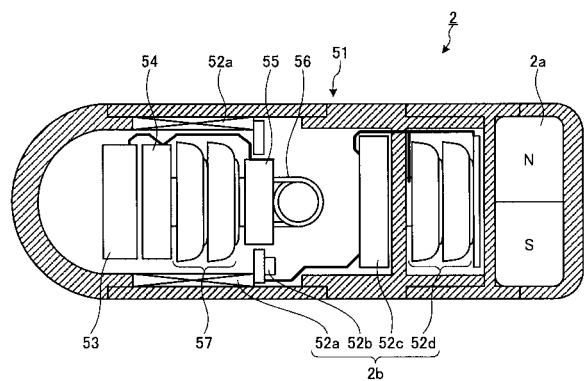
【図9】



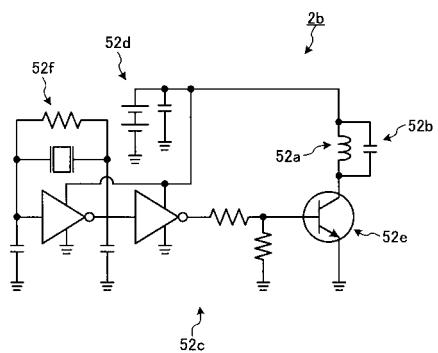
【図10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

(72)発明者 佐藤 良次

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

審査官 小田倉 直人

(56)参考文献 特開平8-98824(JP,A)

特開平8-103420(JP,A)

特開2004-295443(JP,A)

特開平5-197767(JP,A)

特開2002-186675(JP,A)

特開2000-337811(JP,A)

特開2001-179700(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A 61 B 1 / 0 0

专利名称(译)	位置検出装置		
公开(公告)号	JP5361729B2	公开(公告)日	2013-12-04
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		
当前申请(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		
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		
代理人(译)	酒井宏明		
优先权	2007247922 2007-09-25 JP		
其他公开文献	JPWO2009041524A1 JPWO2009041524A5		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

本发明的目的是这样的，当用于计算检测目标的位置和方向信息的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。短时间。根据本发明的位置检测装置(10)包括磁场检测器(11)，其检测由胶囊内窥镜(2)中的磁场发生器(2b)产生的磁场。位置计算器(13)，通过使用表示误差的评估值执行最优化收敛计算来计算胶囊内窥镜(2)的位置和方向信息在磁场检测器(11)检测的磁场信息的测量值和理论值之间，存储单元(15)，其存储包括最优收敛计算的最终收敛结果的收敛结果信息(15a)，以及控制器(16)控制这些组件。控制器(16)确定优化收敛计算的结果是否收敛。当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)开始使用优化收敛计算。最后的收敛结果。

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