

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4961510号
(P4961510)

(45) 発行日 平成24年6月27日(2012.6.27)

(24) 登録日 平成24年3月30日(2012.3.30)

(51) Int.Cl. F 1
A 6 1 B 1/00 (2006.01)
 A 6 1 B 1/00 3 2 0 Z
 A 6 1 B 1/00 3 2 0 B

請求項の数 15 (全 42 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2011-534441 (P2011-534441)</p> <p>(86) (22) 出願日 平成23年1月13日 (2011.1.13)</p> <p>(86) 国際出願番号 PCT/JP2011/050402</p> <p>(87) 国際公開番号 W02011/102161</p> <p>(87) 国際公開日 平成23年8月25日 (2011.8.25)</p> <p>審査請求日 平成23年8月11日 (2011.8.11)</p> <p>(31) 優先権主張番号 特願2010-33664 (P2010-33664)</p> <p>(32) 優先日 平成22年2月18日 (2010.2.18)</p> <p>(33) 優先権主張国 日本国 (JP)</p> <p>早期審査対象出願</p>	<p>(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4番2号</p> <p>(74) 代理人 100089118 弁理士 酒井 宏明</p> <p>(72) 発明者 飯田 隆広 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オリンパスメディカルシステムズ株式会社内</p> <p>審査官 小田倉 直人</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 位置検出システムおよび位置検出システムの作動方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

検出空間内に配置され、前記検出空間内に形成された駆動磁界に応じて誘導磁界を発生する検出体と、

前記検出空間内に前記駆動磁界を発生する一以上の磁界発生コイルと、

前記駆動磁界に応じて前記検出体が発生する前記誘導磁界と前記駆動磁界との合成磁界を検出する磁界検出コイルと、

前記磁界検出コイルにおける磁界検出と同期して、前記磁界発生コイルに流れる駆動電流を検出する電流検出部と、

前記磁界検出コイルによって検出された前記合成磁界の検出値と前記電流検出部によって検出された前記駆動電流の検出値とに基づいて、前記検出体の位置および方向を算出する位置情報演算部と、

前記電流検出部によって検出された前記駆動電流の検出値に基づいて、前記磁界検出コイルによって検出された前記合成磁界の検出値における前記駆動磁界に対応する駆動磁界成分の位相を算出するキャリブレーション演算部と、

を備え、

前記位置情報演算部は、前記磁界検出コイルによって検出された前記合成磁界から、前記キャリブレーション演算部において算出された前記駆動磁界成分の位相に対して略直交する位相差を有する成分を求め、該求めた成分をもとに前記検出体の位置および方向を算出することを特徴とする位置検出システム。

10

20

【請求項 2】

前記検出体が前記検出空間内に位置しない場合に前記磁界検出コイルによって検出された磁界の検出値と前記電流検出部によって検出された前記駆動電流の検出値とを基準値として記憶する記憶部をさらに備え、

前記キャリブレーション演算部は、前記電流検出部によって検出された前記駆動電流の検出値と前記記憶部によって記憶された前記基準値とに基づいて前記駆動磁界成分の位相を算出することを特徴とする請求項 1 に記載の位置検出システム。

【請求項 3】

前記キャリブレーション演算部は、前記記憶部において前記基準値として記憶された駆動電流の検出値と、前記電流検出部によって検出された検出値との位相差を用いて、前記駆動磁界成分の位相を算出することを特徴とする請求項 2 に記載の位置検出システム。

10

【請求項 4】

前記磁界発生コイルは、複数設けられ、

各磁界発生コイルの閉ループをそれぞれオープンにできる切替部と、

前記基準値を取得する場合に、前記切替部に、前記基準値の取得対象である前記磁界発生コイル以外の前記磁界発生コイルの閉ループをオープンにさせる切替制御部と、

を備えたことを特徴とする請求項 2 に記載の位置検出システム。

【請求項 5】

前記キャリブレーション演算部は、前記磁界発生コイルの特性、前記磁界検出コイルの特性、前記磁界発生コイルと前記磁界検出コイルとの相対位置情報、および、前記電流検出部によって検出された前記駆動電流の検出値に基づいて、前記磁界検出コイルによって検出された前記合成磁界の検出値における前記駆動磁界の成分の位相を算出することを特徴とする請求項 1 に記載の位置検出システム。

20

【請求項 6】

前記磁界発生コイルが異なる位相で駆動磁界を発生した場合の前記磁界検出コイルによって検出された磁界の各検出値と前記電流検出部によって検出された前記駆動電流の各検出値とを対応付けた対応関係を記憶する記憶部をさらに備え、

前記キャリブレーション演算部は、前記電流検出部によって検出された前記駆動電流の検出値と前記記憶部によって記憶された前記対応関係とに基づいて前記駆動磁界に対応する駆動磁界成分の位相を算出することを特徴とする請求項 1 に記載の位置検出システム。

30

【請求項 7】

前記キャリブレーション演算部は、前記電流検出部によって検出された前記駆動電流の検出値をもとに該駆動電流の位相を算出し、該算出した位相を、前記磁界検出コイルによって検出された前記合成磁界の検出値における前記駆動磁界の成分の位相として出力することを特徴とする請求項 1 に記載の位置検出システム。

【請求項 8】

検出空間内に配置され、前記検出空間内に形成された駆動磁界に応じて誘導磁界を発生する検出体と、

前記検出空間内に前記駆動磁界を発生する一以上の磁界発生コイルと、

前記駆動磁界に応じて前記検出体が発生する前記誘導磁界と前記駆動磁界との合成磁界を検出する磁界検出コイルと、

40

前記磁界検出コイルにおける磁界検出と同期して、前記磁界発生コイルに流れる駆動電流を検出する電流検出部と、

前記磁界検出コイルによって検出された前記合成磁界の検出値と前記電流検出部によって検出された前記駆動電流の検出値とに基づいて、前記検出体の位置および方向を算出する位置情報演算部と、

前記電流検出部によって検出された前記駆動電流の検出値に基づいて、前記磁界検出コイルによって検出された前記合成磁界の検出値における前記駆動磁界に対応する駆動磁界成分の振幅および位相を算出するキャリブレーション演算部と、

を備え、

50

前記位置情報演算部は、前記キャリブレーション演算部において算出された前記駆動磁界成分の振幅および位相をもとに、前記磁界検出コイルによって検出された前記合成磁界と前記駆動磁界との差分を求め、該求めた差分をもとに前記検出体の位置および方向を算出することを特徴とする位置検出システム。

【請求項 9】

前記検出体が前記検出空間内に位置しない場合に前記磁界検出コイルによって検出された磁界の検出値と前記電流検出部によって検出された前記駆動電流の検出値とを基準値として記憶する記憶部をさらに備え、

前記キャリブレーション演算部は、前記電流検出部によって検出された前記駆動電流の検出値と前記記憶部によって記憶された前記基準値とに基づいて前記駆動磁界成分の振幅および位相を算出することを特徴とする請求項 8 に記載の位置検出システム。

10

【請求項 10】

前記キャリブレーション演算部は、前記記憶部において前記基準値として記憶された駆動電流の検出値と、前記電流検出部によって検出された前記駆動電流の検出値との振幅の比と位相差を用いて、前記駆動磁界成分の振幅および位相を算出することを特徴とする請求項 9 に記載の位置検出システム。

【請求項 11】

前記磁界発生コイルは、複数設けられ、

各磁界発生コイルの閉ループをそれぞれオープンにできる切替部と、

前記基準値を取得する場合に、前記切替部に、前記基準値の取得対象である前記磁界発生コイル以外の前記磁界発生コイルの閉ループをオープンにさせる切替制御部と、

20

を備えたことを特徴とする請求項 9 に記載の位置検出システム。

【請求項 12】

前記キャリブレーション演算部は、前記磁界発生コイルの特性、前記磁界検出コイルの特性、前記磁界発生コイルと前記磁界検出コイルとの相対位置情報、および、前記電流検出部によって検出された前記駆動電流の検出値に基づいて、前記磁界検出コイルによって検出された前記合成磁界の検出値における前記駆動磁界の成分の振幅および位相を算出することを特徴とする請求項 8 に記載の位置検出システム。

【請求項 13】

前記磁界発生コイルが異なる振幅および位相で前記駆動磁界を発生した場合の前記磁界検出コイルによって検出された磁界の各検出値と前記電流検出部によって検出された前記駆動電流の各検出値とを対応付けた対応関係を記憶する記憶部をさらに備え、

30

前記キャリブレーション演算部は、前記電流検出部によって検出された前記駆動電流の検出値と前記記憶部によって記憶された前記対応関係とに基づいて前記駆動磁界の成分の振幅および位相を算出することを特徴とする請求項 8 に記載の位置検出システム。

【請求項 14】

駆動磁界を形成する少なくとも一以上の磁界発生コイルが配置された検出空間内に導入されて前記駆動磁界に応じて誘導磁界を発生する検出体の位置を検出する位置検出システムの作動方法において、

前記駆動磁界に応じて前記検出体が発生する前記誘導磁界と前記駆動磁界との合成磁界を磁界検出コイルが検出する磁界検出ステップと、

40

前記合成磁界の検出と同期して、前記磁界発生コイルに流れる駆動電流を電流検出部が検出する電流検出ステップと、

前記駆動電流の検出値に基づいて、前記合成磁界の検出値における前記駆動磁界に対応する駆動磁界成分の位相をキャリブレーション演算部が算出するキャリブレーション計算ステップと、

前記合成磁界の検出値と前記駆動磁界成分の位相とに基づいて、前記検出体の位置および方向を位置情報演算部が算出する位置情報算出ステップと、

を含み、

前記位置情報算出ステップは、前記磁界検出ステップにおいて検出された前記合成磁界

50

から、前記キャリブレーション計算ステップにおいて算出された前記駆動磁界成分の位相に対して略直交する位相差を有する成分を求め、該求めた成分をもとに前記検出体の位置および方向を算出することを特徴とする位置検出システムの作動方法。

【請求項 15】

駆動磁界を形成する少なくとも一以上の磁界発生コイルが配置された検出空間内に導入されて前記駆動磁界に応じて誘導磁界を発生する検出体の位置を検出する位置検出システムの作動方法において、

前記駆動磁界に応じて前記検出体が発生する前記誘導磁界と前記駆動磁界との合成磁界を磁界検出コイルが検出する磁界検出ステップと、

前記合成磁界の検出と同期して、前記磁界発生コイルに流れる駆動電流を電流検出部が検出する電流検出ステップと、

前記駆動電流の検出値に基づいて、前記合成磁界の検出値における前記駆動磁界に対応する駆動磁界成分の振幅および位相をキャリブレーション演算部が算出するキャリブレーション計算ステップと、

前記合成磁界の検出値と前記駆動磁界成分の振幅および位相とに基づいて、前記検出体の位置および方向を位置情報演算部が算出する位置情報算出ステップと、

を含み、

前記位置情報算出ステップは、前記キャリブレーション計算ステップにおいて算出された前記駆動磁界成分の振幅および位相をもとに、前記磁界検出ステップにおいて検出された前記合成磁界と前記駆動磁界との差分を求め、該求めた差分をもとに前記検出体の位置および方向を算出することを特徴とする位置検出システムの作動方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、位置検出システムおよび位置検出方法に関し、特に磁界を用いて被検体内に導入されたカプセル型の被検体内導入装置の位置を検出する位置検出システムおよび位置検出方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、撮像素子を備えたカプセル型の検出体（以下、カプセル内視鏡という）が開発されている（例えば以下に示す特許文献1参照）。カプセル内視鏡は、例えば経口により被検体内に導入されて被検体内を撮像し、得られた画像（以下、被検体内画像という）を被検体外に配置された外部装置へ無線により送信する。操作者は、外部装置で受信した被検体内画像を目視により確認することで、被検体の症状等を診断することができる。

【0003】

上記のようなカプセル内視鏡を用いた医療システムでは、被検体内における撮像箇所の特定やカプセル内視鏡の位置誘導などを目的として、カプセル内視鏡の位置や向きなどを正確に知ることが望まれている。そこで特許文献1では、コイル（L）とコンデンサ（C）とよりなる共振回路（以下、これをLC共振回路という）をカプセル内視鏡内に設け、このLC共振回路が外部から与えられた交番磁界（以下、これを駆動磁界という）によって発生する共振磁界を外部装置に設けられた検出コイルで検出することで、カプセル内視鏡の位置や向きを検出する位置検出システムが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2006-271520号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ここで、検出体の位置を検出するためには、検出コイルの検出値から駆動磁界成分と共

10

20

30

40

50

振磁界成分とを分離する必要がある。検出コイルの検出値から駆動磁界成分と共振磁界成分とを分離する方法として、検出コイルの出力から駆動磁界に対して位相が略直交する振幅成分および略同相の振幅成分を検出する方法がある。そして、この方法では、駆動磁界の周期とフーリエ変換の周期とを同期させることによって、フーリエ変換を開始するタイミングの駆動磁界の位相を一定にする方法が提案されている。しかしながら、この方法では、駆動磁界発生部の経時変化、温度変化およびLC共振回路との干渉などによって駆動磁界の位相が変化した場合には、フーリエ変換の開始タイミングの位相が異なってしまい、正確な分離が行えず、位置検出精度が悪化してしまうという問題があった。

【0006】

また、検出コイルの検出値から駆動磁界成分と共振磁界成分とを分離する他の方法として、予めカプセル内視鏡がない状態で駆動磁界を発生させ、この場合における検出コイルの検出値を保存しておき、カプセル内視鏡がある状態の検出コイルの検出値から、保存しておいたカプセル内視鏡がない場合の検出値を減算する方法がある。しかしながら、この方法においても、駆動磁界発生部の経時変化、温度変化およびLC共振回路との干渉などによって駆動磁界の位相および振幅が変化した場合には、保存しておいたカプセル内視鏡がない場合の検出値と、減算すべき実際の駆動磁界成分とに差が生じてしまい、正確な分離が行えず、位置検出精度が悪化してしまうという問題があった。

【0007】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、駆動磁界成分と共振磁界成分との分離を正確に行なって精度よく検出体の位置を検出することが可能な位置検出システムおよび位置検出方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】**【0008】**

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システムは、検出空間内に配置され、前記検出空間内に形成された駆動磁界に応じて誘導磁界を発生する検出体と、前記検出空間内に前記駆動磁界を発生する一以上の磁界発生コイルと、前記駆動磁界に応じて前記検出体が発生する前記誘導磁界と前記駆動磁界との合成磁界を検出する磁界検出コイルと、前記磁界検出コイルにおける磁界検出と同期して前記磁界発生コイルに流れる駆動電流を検出する電流検出部と、前記磁界検出コイルによって検出された前記合成磁界の検出値と前記電流検出部によって検出された前記駆動電流の検出値とに基づいて、前記検出体の位置および方向を算出する位置情報演算部と、を備えたことを特徴とする。

【0009】

また、この発明にかかる位置検出システムは、前記電流検出部によって検出された前記駆動電流の検出値に基づいて、前記磁界検出コイルによって検出された合成磁界の検出値における前記駆動磁界に対応する駆動磁界成分の位相を算出するキャリブレーション演算部をさらに備え、前記位置情報演算部は、前記磁界検出コイルによって検出された前記合成磁界から、前記キャリブレーション演算部において算出された前記駆動磁界成分の位相に対して略直交する位相差を有する成分を求め、該求めた成分をもとに前記検出体の位置および方向を算出することを特徴とする。

【0010】

また、この発明にかかる位置検出システムは、前記検出体が前記検出空間内に位置しない場合に前記磁界検出コイルによって検出された磁界の検出値と前記電流検出部によって検出された駆動電流の検出値とを基準値として記憶する記憶部をさらに備え、前記キャリブレーション演算部は、前記電流検出部によって検出された前記駆動電流の検出値と前記記憶部に記憶した前記基準値とに基づいて前記駆動磁界成分の位相を算出することを特徴とする。

【0011】

また、この発明にかかる位置検出システムは、前記キャリブレーション演算部は、前記記憶部において前記基準値として記憶された駆動電流の検出値と、前記電流検出部によ

10

20

30

40

50

て検出された駆動電流値の検出値との位相差を用いて、前記駆動磁界成分の位相を算出することを特徴とする。

【0012】

また、この発明にかかる位置検出システムは、前記磁界発生コイルは、複数設けられ、各磁界発生コイルの閉ループをそれぞれオープンにできる切替部と、前記基準値を取得する場合に、前記切替部に、前記基準値の取得対象である前記磁界発生コイル以外の前記磁界発生コイルの閉ループをオープンにさせる切替制御部と、を備えたことを特徴とする。

【0013】

また、この発明にかかる位置検出システムは、前記キャリブレーション演算部は、前記磁界発生コイルの特性、前記磁界検出コイルの特性、前記磁界発生コイルと前記磁界検出コイルとの相対位置情報、および、前記電流検出部によって検出された前記駆動電流の検出値に基づいて、前記磁界検出コイルによって検出された合成磁界の検出値における前記駆動磁界の成分の位相を算出することを特徴とする。

10

【0014】

また、この発明にかかる位置検出システムは、前記磁界発生コイルが異なる位相で駆動磁界を発生した場合の前記磁界検出コイルによって検出された磁界の各検出値と前記電流検出部によって検出された駆動電流の各検出値とを対応付けた対応関係を記憶する記憶部をさらに備え、前記キャリブレーション演算部は、前記電流検出部によって検出された前記駆動電流の検出値と前記記憶部によって記憶された対応関係とに基づいて前記駆動磁界に対応する駆動磁界成分の位相を算出することを特徴とする。

20

【0015】

また、この発明にかかる位置検出システムは、前記キャリブレーション演算部は、前記電流検出部によって検出された前記駆動電流の検出値をもとに該駆動電流の位相を算出し、該算出した位相を、前記磁界検出コイルによって検出された前記合成磁界の検出値における前記駆動磁界の成分の位相として出力することを特徴とする。

【0016】

また、この発明にかかる位置検出システムは、前記電流検出部によって検出された前記駆動電流の検出値に基づいて、前記磁界検出コイルによって検出された前記合成磁界の検出値における前記駆動磁界に対応する駆動磁界成分の振幅および位相を算出するキャリブレーション演算部をさらに備え、前記位置情報演算部は、前記キャリブレーション演算部において算出された前記駆動磁界成分の振幅および位相をもとに、前記磁界検出コイルによって検出された前記合成磁界と前記駆動磁界との差分を求め、該求めた差分をもとに前記検出体の位置および方向を算出することを特徴とする。

30

【0017】

また、この発明にかかる位置検出システムは、前記検出体が前記検出空間内に位置しない場合に前記磁界検出コイルによって検出された磁界の検出値と前記電流検出部によって検出された駆動電流の検出値とを基準値として記憶する記憶部をさらに備え、前記キャリブレーション演算部は、前記電流検出部によって検出された前記駆動電流の検出値と前記記憶部に記憶した前記基準値とに基づいて前記駆動磁界成分の振幅および位相を算出することを特徴とする。

40

【0018】

また、この発明にかかる位置検出システムは、前記キャリブレーション演算部は、前記記憶部において前記基準値として記憶された駆動電流の検出値と、前記電流検出部によって検出された駆動電流値の検出値との振幅の比と位相差を用いて、前記駆動磁界成分の振幅および位相を算出することを特徴とする。

【0019】

また、この発明にかかる位置検出システムは、前記磁界発生コイルは、複数設けられ、各磁界発生コイルの閉ループをそれぞれオープンにできる切替部と、前記基準値を取得する場合に、前記切替部に、前記基準値の取得対象である前記磁界発生コイル以外の前記磁界発生コイルの閉ループをオープンにさせる切替制御部と、を備えたことを特徴とする。

50

【0020】

また、この発明にかかる位置検出システムは、前記キャリブレーション演算部は、前記磁界発生コイルの特性、前記磁界検出コイルの特性、前記磁界発生コイルと前記磁界検出コイルとの相対位置情報、および、前記電流検出部によって検出された前記駆動電流の検出値に基づいて、前記磁界検出コイルによって検出された前記合成磁界の検出値における前記駆動磁界の成分の振幅および位相を算出することを特徴とする。

【0021】

また、この発明にかかる位置検出システムは、前記磁界発生コイルが異なる振幅および位相で前記駆動磁界を発生した場合の前記磁界検出コイルによって検出された磁界の各検出値と前記電流検出部によって検出された駆動電流の各検出値とを対応付けた対応関係を記憶する記憶部をさらに備え、前記キャリブレーション演算部は、前記電流検出部によって検出された前記駆動電流の検出値と前記記憶部に記憶した対応関係とに基づいて前記駆動磁界の成分の振幅および位相を算出することを特徴とする。

10

【0022】

また、この発明にかかる位置検出方法は、駆動磁界を形成する少なくとも一以上の磁界発生コイルが配置された検出空間内に導入されて前記駆動磁界に応じて誘導磁界を発生する検出体の位置を検出する位置検出方法において、前記駆動磁界に応じて前記検出体が発生する前記誘導磁界と前記駆動磁界との合成磁界を検出する磁界検出ステップと、前記磁界検出ステップにおける磁界検出と同期して前記磁界発生コイルに流れる駆動電流を検出する電流検出ステップと、前記磁界検出ステップにおいて検出された前記合成磁界の検出値と前記電流検出ステップによって検出された前記駆動電流の検出値とに基づいて、前記検出体の位置および方向を算出する位置情報演算ステップと、を含むことを特徴とする。

20

【0023】

また、この発明にかかる位置検出方法は、前記電流検出ステップにおいて検出された前記駆動電流の検出値に基づいて、前記磁界検出ステップにおいて検出された前記合成磁界の検出値における前記駆動磁界に対応する駆動磁界成分の位相を算出するキャリブレーション計算ステップをさらに含み、前記位置情報演算ステップは、前記磁界検出ステップにおいて検出された前記合成磁界から、前記キャリブレーション計算ステップにおいて算出された前記駆動磁界成分の位相に対して略直交する位相差を有する成分を求め、該求めた成分をもとに前記検出体の位置および方向を算出することを特徴とする。

30

【0024】

また、この発明にかかる位置検出方法は、前記電流検出ステップにおいて検出された前記駆動電流の検出値に基づいて、前記磁界検出ステップにおいて検出された前記合成磁界の検出値における前記駆動磁界に対応する駆動磁界成分の振幅および位相を算出するキャリブレーション計算ステップをさらに含み、前記位置情報演算ステップは、前記キャリブレーション計算ステップにおいて算出された前記駆動磁界成分の振幅および位相をもとに、前記磁界検出ステップにおいて検出された前記合成磁界と前記駆動磁界との差分を求め、該求めた差分をもとに前記検出体の位置および方向を算出することを特徴とする。

【発明の効果】

【0025】

本発明にかかる位置検出システムは、電流検出部によって検出された駆動電流の検出値をもとに現に磁界発生コイルが発生する駆動磁界成分を合成磁界から分離できるため、駆動磁界成分と共振磁界成分との分離を正確に行なって精度よく検出体の位置を検出することができる。

40

【0026】

本発明にかかる位置検出方法は、電流検出ステップにおいて検出された駆動電流の検出値をもとに現に磁界発生コイルが発生する駆動磁界成分を合成磁界から分離できるため、駆動磁界成分と共振磁界成分との分離を正確に行なって精度よく検出体の位置を検出することができる。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 2 7 】

【図 1】図 1 は、実施の形態 1 にかかる位置検出システムの概略構成を示す模式図である。

【図 2】図 2 は、図 1 に示す磁界発生コイルが発生する駆動磁界の強度に対する時間依存性、または、検出コイルが検出した駆動磁界の強度に対する時間依存性を示す図である。

【図 3】図 3 は、図 1 に示す磁界発生コイルによる駆動磁界と、検出コイルによる検出磁界である合成磁界と、カプセル内視鏡の共振磁界との関係を示す図である。

【図 4】図 4 は、図 1 に示す位置検出システムにおける位置検出処理の処理手順を示すフローチャートである。

【図 5】図 5 は、図 4 に示す基準値取得処理の処理手順を示すフローチャートである。

10

【図 6】図 6 は、図 4 に示すキャリブレーション演算処理の処理手順を示すフローチャートである。

【図 7】図 7 は、図 1 に示す磁界発生コイルが発生する駆動磁界の強度に対する時間依存性、または、検出コイルが検出した駆動磁界の強度に対する時間依存性の他の例を示す図である。

【図 8】図 8 は、図 1 に示す磁界発生コイルによる駆動磁界と、検出コイルによる検出磁界である合成磁界と、カプセル内視鏡の共振磁界との関係を示す図である。

【図 9】図 9 は、実施の形態 1 の変形例 1 における位置検出処理の処理手順を示すフローチャートである。

【図 10】図 10 は、図 9 に示す基準値取得処理の処理手順を示すフローチャートである。

20

【図 11】図 11 は、図 9 に示すキャリブレーション演算処理の処理手順を示すフローチャートである。

【図 12】図 12 は、実施の形態 1 の変形例 2 における位置検出処理の処理手順を示すフローチャートである。

【図 13】図 13 は、図 12 に示すキャリブレーション演算処理の処理手順を示すフローチャートである。

【図 14】図 14 は、実施の形態 1 の変形例 3 における位置検出処理の処理手順を示すフローチャートである。

【図 15】図 15 は、図 14 に示すキャリブレーションデータテーブル作成処理の処理手順を示すフローチャートである。

30

【図 16】図 16 は、図 14 に示すキャリブレーションデータ取得処理の処理手順を示すフローチャートである。

【図 17】図 17 は、実施の形態 1 の変形例 4 におけるキャリブレーション演算処理の処理手順を示すフローチャートである。

【図 18】図 18 は、本実施の形態 2 にかかる位置検出システムの概略構成を示す模式図である。

【図 19】図 19 は、図 18 に示す位置検出システムにおける位置検出処理の処理手順を示すフローチャートである。

【図 20】図 20 は、図 19 に示す基準値取得処理の処理手順を示すフローチャートである。

40

【図 21】図 21 は、図 19 に示すキャリブレーション演算処理の処理手順を示すフローチャートである。

【図 22】図 22 は、実施の形態 2 の変形例 1 における位置検出処理の処理手順を示すフローチャートである。

【図 23】図 23 は、図 22 に示す基準値取得処理の処理手順を示すフローチャートである。

【図 24】図 24 は、図 22 に示すキャリブレーション演算処理の処理手順を示すフローチャートである。

【図 25】図 25 は、実施の形態 1 または 2 におけるカプセル内視鏡の概略構成例を示す

50

ブロック図である。

【図 2 6】図 2 6 は、本発明の実施の形態 1 または 2 によるカプセル内視鏡の概略構成例を示す外觀図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 8 】

以下、本発明を実施するための最良の形態を図面とともに詳細に説明する。なお、以下の説明において、各図は本発明の内容を理解でき得る程度に形状、大きさ、および位置関係を概略的に示してあるに過ぎず、従って、本発明は各図で例示された形状、大きさ、および位置関係のみに限定されるものではない。また、図面の記載において、同一部分には同一の符号を付している。

10

【 0 0 2 9 】

(実施の形態 1)

以下、本発明の実施の形態 1 による位置検出システム 1 の構成および動作を、図面を用いて詳細に説明する。なお、本実施の形態は、現に発生している駆動磁界成分を求めて、この駆動磁界成分をもとに共振磁界成分を分離することで、駆動磁界の経時変化などに依らずに、精度良く検出体の位置を検出することを可能にする位置検出システムおよび位置検出方法を実現する。

【 0 0 3 0 】

図 1 は、本実施の形態 1 による位置検出システム 1 の概略構成を示す模式図である。図 1 に示すように、本実施の形態 1 にかかる位置検出システム 1 は、検出体としてのカプセル内視鏡 1 0 が導入された被検体 9 0 0 を収容する検出空間 K と、検出空間 K 内のカプセル内視鏡 1 0 の位置および向き(姿勢)を検出する外部装置 2 0 と、を備える。

20

【 0 0 3 1 】

カプセル内視鏡 1 0 は、図 1 に示すように、位置検出用の共振磁界を発生する共振磁界発生部 1 1 (図 1 参照)を有する。共振磁界発生部 1 1 は、後述するように、並列接続されたキャパシタ(C)とインダクタ(L)とよりなる LC 共振回路を含み、外部から入力された共振周波数と略等しい周波数の位置検出用の磁界(以下、駆動磁界という)によって励起し、共振磁界を発生する。言い換えると、カプセル内視鏡 1 0 は、検出空間 K 内に形成された駆動磁界に応じて、誘導磁界である共振磁界を発生する。なお、共振周波数は、並列接続されたキャパシタ(C)とインダクタ(L)とによって決定される LC 共振回路の共振周波数である。また、カプセル内視鏡 1 0 は、例えばカプセル型医療装置としての機能を有し、外部装置 2 0 からの各種操作指示を示す無線信号を受信するとともに、被検体内部の画像を撮像することによって取得した被検体内情報を無線信号として外部装置 2 0 に送信してもよい。

30

【 0 0 3 2 】

検出空間 K には、検出空間 K 内に略均一な駆動磁界を形成する磁界発生コイル D 1 と、検出空間 K 内に形成された磁界を検出する複数の検出コイル S 1 ~ S 8 (以下、任意の検出コイルの符号を S とする)および複数の検出コイル S 1 ~ S 4 および S 5 ~ S 8 がそれぞれ実装される配線基板 1 4 A および 1 4 B とが配設される。また、配線基板 1 4 A は、例えばカプセル内視鏡 1 0 が導入された被検体 9 0 0 が載置される載置台(不図示)の下側に設置され、配線基板 1 4 B は、例えば検出空間 K の上側に配置される。

40

【 0 0 3 3 】

磁界発生コイル D 1 は、検出空間 K 内に発生する駆動磁界として、たとえば、検出空間 K 内に所定軸方向に延在する磁力線よりなる略均一な駆動磁界を発生する。各検出コイル S は、検出空間 K 内に形成された磁界を検出し、カプセル内視鏡 1 0 が検出空間 K 内に配置される場合には、磁界発生コイル D 1 が発生する駆動磁界に応じてカプセル内視鏡 1 0 の共振磁界発生部 1 1 が発生した共振磁界と、磁界発生コイル D 1 が発生する駆動磁界との合成磁界を検出する。各検出コイル S から読み出した検出信号は、各検出コイル S が配置された位置における磁界の強度や位相などの磁界情報を電圧で表した信号である。例えば各センサコイル S は、所定軸方向の磁界強度および方向を検出可能なコイルを含む磁気

50

センサである。ただし、これに限定されず、例えば磁気抵抗素子や磁気インピーダンス素子（MI素子）などよりなる磁気センサを用いて各検出コイルSを構成してもよい。また、各検出コイルSを、x軸、y軸またはz軸をそれぞれ検出する3つのコイルよりなる3軸磁気センサなどで構成することも可能である。複数の検出コイルSは、駆動磁界の影響を受け難く、かつカプセル内視鏡10の共振磁界発生部11が発生した共振磁界を検出しやすい位置に配置される。本実施の形態1では、複数の検出コイルS1～S4が検出空間Kの下側に配置された配線基板14Aの底面（検出空間K下側のx-y平面）に2次元配列された例を示し、また、複数の検出コイルS5～S8が検出空間Kの上側に配置された配線基板14Bの上面（検出空間K上側のx-y平面）に2次元配列された例を示す。

【0034】

また、外部装置20は、外部装置20内の各部を制御する制御部21と、制御部21が各部を制御する際に実行する各種プログラムおよびパラメータ等を記憶する記憶部22と、操作者がカプセル内視鏡10に対する各種操作指示を入力する操作入力部23と、カプセル内視鏡10の位置や向きおよびカプセル内視鏡10から取得した被検体内情報を画像（映像を含む）や音声で表示する表示部24と、カプセル内視鏡10から無線信号として送信された被検体内情報等を受信する無線受信部25と、カプセル内視鏡10へ撮像指示などの各種操作指示を無線信号として送信する無線送信部26と、を備える。

【0035】

そして、外部装置20は、磁界発生コイルD1の駆動に用いる信号の振幅や位相を調整する駆動コイル入力信号調整部30と、駆動コイル入力信号調整部30からの制御に従って磁界発生コイルD1に入力する駆動信号を生成する駆動信号生成部31と、検出コイルSにおける磁界検出と同期して磁界発生コイルD1に流れる駆動電流を検出する電流検出部32と、検出コイルSより読み出された電圧変化をA/D変換、フーリエ変換することによって所定の周波数成分を分離して合成磁界成分として出力するとともに電流検出部32により読み出された電流変化をA/D変換、フーリエ変換することによって所定の周波数成分を分離して駆動電流成分として出力する変換部40と、各検出コイルSによってそれぞれ検出された合成磁界成分と電流検出部32によって検出された駆動電流成分とに基づいて、各合成磁界成分に含まれるカプセル内視鏡10の共振磁界成分を取得してカプセル内視鏡10の位置および方向を算出する位置検出部50とを備える。なお、図1では、駆動信号生成部31を外部装置20とは別体とした場合の構成を例に挙げるが、本発明はこれに限定されず、外部装置20内に設けられた構成であってもよい。

【0036】

制御部21は、例えばCPUやMPUなどで構成され、記憶部22から読み出したプログラムおよびパラメータに従って、外部装置20内の各部を制御する。また、記憶部22は、例えばRAMやROMなどで構成され、制御部21が各部を制御する際に実行するプログラムおよびパラメータを保持する。この記憶部22には、カプセル内視鏡10から受信した被検体内画像や位置検出部50が導出したカプセル内視鏡10の位置や向き等の情報が適宜格納される。

【0037】

操作入力部23は、例えばキーボードやマウスやテンキーやジョイスティックなどで構成され、撮像指示（その他の被検体内情報取得指示を含む）などのカプセル内視鏡10に対する各種操作指示や、表示部24に表示する画面を切り替える画面切替指示などの外部装置20に対する各種操作指示などを、操作者が入力するための構成である。なお、カプセル内視鏡10が複数の撮像部を備え、かつ、略リアルタイムにカプセル内視鏡10で取得された画像を表示部24に表示する場合には、表示部24に表示する画面の切替機能をさらに持たせてもよい。

【0038】

表示部24は、例えば液晶ディスプレイやプラズマディスプレイやLEDアレイなどの表示装置で構成され、カプセル内視鏡10の位置や向き等の情報やカプセル内視鏡10から送信された被検体内画像等の被検体内情報を表示する。また、表示部24には、スピー

10

20

30

40

50

かなどを用いた音声再生機能を搭載していてもよい。表示部 24 は、この音声再生機能を用いて各種操作ガイダンスやカプセル内視鏡 10 のバッテリー残量などについての情報（警告等を含む）を操作者に音で報知する。

【0039】

無線受信部 25 は、検出空間 K に近接して配置されたダイポールアンテナなどよりなる不図示の受信用アンテナに接続されている。この受信用アンテナは、例えば検出空間 K 近傍に配置される。無線受信部 25 は、受信用アンテナを介してカプセル内視鏡 10 から無線信号として送信された被検体内画像等を受信し、受信した信号にフィルタリング、ダウンコンバート、復調および復号化などの種々の処理を実行した後、これを制御部 21 へ出力する。

10

【0040】

無線送信部 26 は、検出空間 K に近接して配置されたダイポールアンテナなどよりなる不図示の送信用アンテナに接続されている。この送信用アンテナは、例えば検出空間 K 近傍に配置される。無線送信部 26 は、制御部 21 から入力されたカプセル内視鏡 10 に対する各種操作指示などの信号に送信用の基準周波数信号への重畳や変調やアップコンバートなどの種々の処理を実行した後、これを電波信号として送信用アンテナからカプセル内視鏡 10 へ送信する。

【0041】

磁界コイル入力信号調整部 30 は、制御部 21 から入力された制御信号に従って、カプセル内視鏡 10 における LC 共振回路の共振周波数と略等しい周波数の信号波形を算出し、これを駆動信号生成部 31 へ出力する。

20

【0042】

駆動信号生成部 31 は、磁界コイル入力信号調整部 30 から入力された信号波形に従って駆動信号を生成し、これを電流増幅した後、増幅後の駆動信号を磁界発生コイル D1 へ入力する。増幅後の駆動信号が入力された磁界発生コイル D1 は、カプセル内視鏡 10 の LC 共振回路が持つ共振周波数と略等しい周波数の磁界を発生することで、検出空間 K 内に LC 共振回路を励起させる駆動磁界を形成する。

【0043】

電流検出部 32 は、検出コイル S における磁界検出と同期して磁界発生コイル D1 に流れる駆動電流を検出し、変換部 40 へ出力する。また、電流検出部 32 から出力された検出信号は、磁界発生コイル D1 に流れる駆動電流の強度や位相などの情報を電流で表した信号である。なお、電流検出部 32 から出力された検出信号は、磁界発生コイル D1 に流れる駆動電流の強度や位相などの情報を電圧で表した信号であってもよい。

30

【0044】

変換部 40 は、検出コイル S により読み出された電圧変化を示す検出信号に対して所定の処理を実行することで、検出信号に含まれる、合成磁界成分に対応する所定の周波数成分を略リアルタイムに導出する。また、変換部 40 は、電流検出部 32 により読み出された電流変化を示す検出信号に対して所定の処理を実行することで、駆動電流に対応する所定の周波数成分を略リアルタイムに導出する。

【0045】

この変換部 40 は、例えば A/D 変換部 41 と FFT 演算部 42 とを含む。A/D 変換部 41 は、複数の検出コイル S および電流検出部 32 それぞれから各検出信号を読み出し、読み出したアナログの各検出信号を適宜、増幅、帯域制限、A/D 変換する。また、FFT 演算部 42 は、A/D 変換部 41 から出力されたデジタルの各検出信号を高速フーリエ変換することで、各検出コイル S において検出された各合成磁界成分と、電流検出部 32 において検出された駆動電流とを示すデータ（以下、これを FFT データという）を生成する。FFT 演算部 42 は、各検出コイル S において検出された各合成磁界成分を示す FFT データを、位置検出部 50 におけるキャリブレーション演算部 51 と位置情報演算部 53 とに入力する。また、FFT 演算部 42 は、電流検出部 32 において検出された駆動電流を示す FFT データを位置検出部 50 におけるキャリブレーション演算部 51 に入

40

50

力する。また、FFTデータは、検出コイルSから読み出した検出信号に含まれる磁界情報、または、電流検出部32から読み出した検出信号に含まれる駆動電流情報を、強度と位相との成分よりなる情報に変換したデータである。

【0046】

位置検出部50は、変換部40から入力されたFFTデータに対して所定の演算処理を実行することで、検出信号に含まれる磁界情報からカプセル内視鏡10の現在の位置や向きを導出する。

【0047】

ここで、カプセル内視鏡10の位置検出時に各検出コイルSから読み出された検出信号には、LC共振回路が発生した共振磁界成分の他に、磁界発生コイルD1が発生する駆動磁界成分であって共振周波数と略等しい周波数を持つ駆動磁界成分が含まれる。したがって、各検出コイルSに対応するFFTデータそのままではカプセル内視鏡10（特にLC共振回路）の正確な位置や向きを導出することができない。そこで、位置検出部50においては、各検出コイルSによる合成磁界の検出値から駆動磁界成分を分離して、LC共振回路が発生した共振磁界に対応する共振磁界成分を求める必要がある。

【0048】

本実施の形態1では、位置検出部50は、予め検出しておいたLC共振回路がない状態における駆動磁界ではなく、現に磁界発生コイルD1が発生する駆動磁界に対応する駆動磁界成分を求め、この求めた駆動磁界成分を合成磁界から分離して、カプセル内視鏡10のLC共振回路が実際に発生している共振磁界成分を取得している。

【0049】

位置検出部50は、電流検出部32によって検出された駆動電流の検出値に基づいて、検出コイルSによって検出された合成磁界成分の検出値における駆動磁界成分の位相を算出するキャリアレーション演算部51、所定の基準値を記憶するメモリ52、および、検出コイルSによって検出された合成磁界から、キャリアレーション演算部51において算出された駆動磁界成分の位相に対して略直交する位相差を有する成分を求め、該求めた成分をもとにカプセル内視鏡10の位置および方向を算出する位置情報演算部53を有する。

【0050】

図2を参照して、位置検出部50の各構成部の処理内容について説明する。まず、検出コイルSが検出する合成磁界には、磁界発生コイルD1が発生する駆動磁界に応じてカプセル内視鏡10の共振磁界発生部11が発生した共振磁界とともに、磁界発生コイルD1自身が発生する駆動磁界とが含まれている。すなわち、検出コイルSは、カプセル内視鏡10が検出範囲K内にあるかないかに係らず、磁界発生コイルD1が発生する駆動磁界を検出する。そして、検出コイルSが検出する駆動磁界成分は、磁界発生コイルD1と検出コイルSの相対位置関係に基づき、磁界発生コイルD1が発生する駆動磁界に対して対となる関係を有する。

【0051】

図2(1)は、磁界発生コイルD1が発生する駆動磁界の強度に対する時間依存性を示す図であり、図2(2)は、検出コイルSが検出した駆動磁界の強度に対する時間依存性を示す図である。図2(2)においては、カプセル内視鏡10が検出範囲K内に位置しない場合における検出コイルSの検出結果を示している。

【0052】

たとえば、この図2(1)の曲線Ld0に示すように、磁界発生コイルD1が所定周波数で駆動磁界を発生した場合、検出コイルSでは、図2(2)の曲線Ls0のように時間T分だけずれた状態で、同周波数で駆動磁界を検出している。この対応関係は、磁界発生コイルD1の特性、検出コイルSの特性および磁界発生コイルD1と検出コイルSとの相対位置関係によって決まっている。したがって、磁界発生コイルD1が発生する駆動磁界が、経時変化によって、図2(1)の曲線Ld1に示すように、曲線Ld0と比較して、矢印Y1のようにD分ずれた位相で発生した場合には、検出コイルSにおいても、図

10

20

30

40

50

2(2)の曲線L s 1に示すように、曲線L s 0と比較して、矢印Y 2のように D 分ずれた位相で検出される。

【0053】

このため、磁界発生コイルD 1が発生する駆動磁界と、この場合に検出コイルSが検出する駆動磁界の検出結果とを基準として予め求めておき、カプセル内視鏡10の位置検出のために現に磁界発生コイルD 1が発生する駆動磁界の位相が、基準となる駆動磁界の位相から、どれだけ変化しているかを求めれば、検出コイルSが検出した合成磁界のうち駆動磁界に対応する成分の位相を求めることができる。検出コイルSが検出した合成磁界のうち駆動磁界に対応する成分も、実際に磁界発生コイルD 1が発生する駆動磁界と同じだけ位相が基準からずれているためである。合成磁界は、駆動磁界に対応する駆動磁界成分とカプセル内視鏡10からの共振磁界成分に構成されている。したがって、検出コイルSが検出した合成磁界のうち一方の駆動磁界成分の位相を求めることによって、図2(3)の曲線L c 1に示す合成磁界から、曲線L s 1に示す駆動磁界成分を分離して、曲線L r 1に示すカプセル内視鏡10が発生する共振磁界成分を矢印Y 3のように取得することができる。

10

【0054】

ところで、磁界発生コイルD 1における駆動磁界の位相と磁界発生コイルD 1に流れる電流の位相とは同一である。このため、本実施の形態1では、電流検出部32を設けて、磁界発生コイルD 1が発生する駆動磁界を表す値として磁界発生コイルD 1に流れる駆動電流を検出している。すなわち、本実施の形態1では、電流検出部32によって検出された磁界発生コイルD 1に流れる駆動電流の位相を求めることによって、磁界発生コイルD 1が実際に発生している駆動磁界の位相を求めている。

20

【0055】

具体的には、まず、カプセル内視鏡10が検出空間K内に位置しない状態で、磁界発生コイルD 1から駆動磁界を発生させ、この状態で実際に各検出コイルSに駆動磁界を検出させる。この場合、電流検出部32は、各検出コイルSの磁界検出と同期して磁界発生コイルD 1に流れる駆動電流を検出する。本実施の形態1においては、このカプセル内視鏡10が検出空間K内に位置しない状態における検出コイルSによって検出された磁界の検出値と電流検出部32によって検出された駆動電流の検出値とを基準値として用いている。なお、メモリ52は、このカプセル内視鏡10が検出空間K内に位置しない場合に検出コイルSによって検出された磁界の検出値と電流検出部32によって検出された駆動電流の検出値とを基準値として記憶する。

30

【0056】

そして、キャリブレーション演算部51は、カプセル内視鏡10に対する位置検出中に電流検出部32によって検出された駆動電流の検出値と、メモリ52に記憶した基準値とに基づいて駆動磁界成分の位相を算出する。具体的には、キャリブレーション演算部51は、メモリ52において基準値として記憶された駆動電流の検出値と、電流検出部32によって検出された磁界発生コイルD 1に実際に流れている駆動電流の検出値との位相差を求める。そして、キャリブレーション演算部51は、この求めた位相差を用いて、駆動磁界成分の位相を算出する。言い換えると、キャリブレーション演算部51は、基準値として記憶された駆動磁界成分の位相に対して、求めた位相差だけ加算した値を求め、この値を、現に磁界発生コイルD 1が発生する駆動磁界の駆動磁界成分の位相として位置情報演算部53に出力する。

40

【0057】

次に、図3を参照して、位置情報演算部53におけるカプセル内視鏡10の現在の位置や向きの導出処理について説明する。図3は、磁界発生コイルD 1による駆動磁界と、検出コイルSによる検出磁界である合成磁界と、カプセル内視鏡10の共振磁界との関係を示す図である。

【0058】

図3に示すように、カプセル内視鏡10が発生する共振磁界(以下、強度および位相を

50

示す平面空間に展開した共振磁界のベクトルを F_r という)は、駆動磁界(以下、強度および位相を示す平面空間に展開した駆動磁界のベクトルを F_d という)に対して 90° の位相差を有する。したがって、FFTデータに含まれる全磁界(以下、これを検出された合成磁界とし、強度および位相を示す平面空間に展開した合成磁界のベクトルを F_{c1} という)から駆動磁界 F_d を除去して共振磁界 F_r を取り出すためには、合成磁界 F_{c1} から駆動磁界 F_d に対して 90° の位相差を有するベクトル成分を抽出する必要がある。

【0059】

位置情報演算部53は、合成磁界 F_{c1} から、キャリブレーション演算部51から出力された駆動磁界成分の位相に対応する駆動磁界 F_{d1} に対して 90° の位相差を有する共振磁界 F_{r1} を分離し、この共振磁界 F_{r1} に対して所定の演算処理を行なうことによ

10

【0060】

従来では、検出空間K内にカプセル内視鏡が導入されていない状態で磁界発生コイルを駆動して検出空間内に駆動磁界を形成し、この状態で検出コイルに検出された駆動磁界 F_{d0} を予め求め、この駆動磁界 F_{d0} の位相成分を、合成磁界 F_{c1} から除去する駆動磁界として用いていた。

【0061】

しかしながら、この従来の方法では、磁界発生コイルが実際に発生する駆動磁界が、磁界発生コイルの経時変化、温度変化およびLC共振回路との干渉などによって、矢印Y11のように、駆動磁界 F_{d0} からずれた位相D1の駆動磁界 F_{d1} に変化した場合であっても、合成磁界 F_{c1} から除去する駆動磁界として駆動磁界 F_{d0} を用いていた。したがって、従来の方法では、実際に磁界発生コイルが発生する駆動磁界の位相と除去する駆動磁界成分の位相とが異なってしまい、正確な分離が行えず、位置検出精度が悪化してしまうという問題があった。すなわち、従来の方法では、合成磁界 F_{c1} から、磁界発生コイルD1が実際に発生する駆動磁界 F_{d1} ではなく、予め求められていた駆動磁界 F_{d0} に対して 90° の位相差を有するベクトル成分を抽出し、この抽出したベクトル成分を共振磁界 F_{r0} として取り出していた。このため、従来の方法では、駆動磁界発生部の経時変化、温度変化およびLC共振回路との干渉などによって、駆動磁界 F_{d0} が駆動磁界 F_{d1} に変化した場合であっても、この駆動磁界の変化が共振磁界の分離処理に反映されず実際の共振磁界 F_{r1} とは異なる磁界 F_{r0} を用いて位置検出を行っていたため、位置検出精度が悪化してしまうという問題があった。

20

30

【0062】

これに対して、本実施の形態1においては、変化前の駆動磁界 F_{d0} ではなく、電流出部32によって検出された磁界発生コイルD1に流れる駆動電流をもとに磁界発生コイルD1が現に発生している駆動磁界 F_{d1} の位相を求めて、この求めた駆動磁界 F_{d1} の位相を用いて共振磁界を分離している。したがって、本実施の形態1では、実際に磁界発生コイルD1が発生する駆動磁界の位相と除去する駆動磁界成分の位相とが異なることもなく、合成磁界 F_{c1} から共振磁界 F_{r1} を正しく分離することができる。このため、本実施の形態1では、磁界発生コイルD1の経時変化、温度変化およびLC共振回路との干渉などによって磁界発生コイルD1が発生する駆動磁界が変化した場合であっても、駆動磁界 F_{d1} と共振磁界 F_{r1} との分離を正確に行なうことができるため、精度よく検出体の位置を検出することができる。

40

【0063】

また、本実施の形態1では、基準値として、実際に位置検出システム1においてカプセル内視鏡10が検出空間K内に位置しない状態での駆動磁界の検出値と駆動電流の検出値とを求めており、位置検出中においては、電流出部32の検出値に加え、この基準値を用いて駆動磁界成分を求めている。言い換えると、基準値は、位置検出システム1の個体差、および位置検出システム1の周辺環境の影響を含んだものであり、位置検出システム1ごとにそれぞれ定まるものである。本実施の形態1では、この位置検出システム1ごとにそれぞれ求めた基準値を用いて位置検出を行っているため、位置検出システム1の個体

50

差、および位置検出システム 1 の周辺環境の影響を除外した正確な位置検出結果を得ることができる。

【 0 0 6 4 】

次に、図 4 を参照して、図 1 に示す位置検出システム 1 における位置検出処理について説明する。図 4 は、図 1 に示す位置検出システム 1 における位置検出処理の処理手順を示すフローチャートである。

【 0 0 6 5 】

図 4 に示すように、位置検出システム 1 では、カプセル内視鏡 1 0 が検出空間 K 内に位置しない場合に各検出コイル S によって検出された駆動磁界の検出値と電流検出部 3 2 によって検出された駆動電流の検出値とを基準値として取得する基準値取得処理を行なう（ステップ S 1 ）。この基準値取得処理は、位置検出ごとに行なう必要はなく、位置検出システム 1 の設置時、磁界発生コイル D 1 および検出コイル S の部品交換時に行えば足りる。また、一定の精度を保つために定期的に行なってもよい。

【 0 0 6 6 】

そして、位置検出システム 1 では、実際にカプセル内視鏡 1 0 を検出空間 K 内に配置した状態で、カプセル内視鏡 1 0 の位置検出処理を行なう。この場合、位置検出システム 1 では、キャリブレーション演算部 5 1 が、各検出コイル S によって検出された合成磁界のうち、駆動磁界成分の位相を算出するキャリブレーション演算処理を行なう（ステップ S 2 ）。次いで、位置情報演算部 5 3 は、検出コイル S によって検出された合成磁界から、キャリブレーション演算部 5 1 において算出された駆動磁界成分の位相に対して略直交する位相差を有する成分を求め、該求めた成分をもとに検出体の位置および方向を演算する位置演算処理を行なう（ステップ S 3 ）。この位置情報演算部 5 3 による位置および方向の演算結果は、制御部 2 1 に出力され、制御部 2 1 の制御のもと表示部 2 4 に出力される。

【 0 0 6 7 】

次いで、制御部 2 1 は、操作入力部 2 3 から入力された指示をもとに、位置検出処理を終了するか否かを判断する（ステップ S 4 ）。制御部 2 1 は、位置検出処理を終了しないと判断した場合（ステップ S 4 : N o ）、位置検出継続のため、ステップ S 2 に戻り、キャリブレーション演算処理を行なう。一方、制御部 2 1 は、位置検出処理を終了すると判断した場合（ステップ S 4 : Y e s ）、位置検出終了にとともに、磁界発生コイル D 1 、検出コイル S 、変換部 4 0 および位置検出部 5 0 に対する制御処理も終了する。

【 0 0 6 8 】

次に、図 4 に示す基準値取得処理について説明する。図 5 は、図 4 に示す基準値取得処理の処理手順を示すフローチャートである。基準値取得処理においては、図 5 に示すように、まず、カプセル内視鏡 1 0 が検出空間 K 内に位置しないように、カプセル内視鏡 1 0 を検出空間 K 内から除去する（ステップ S 1 0 ）。そして、磁界発生コイル D 1 は、制御部 2 1 の制御のもと、所定条件で検出空間 K 内に駆動磁界を発生する駆動磁界出力処理を行ない、これにとともに検出コイル S も磁界検出を開始する（ステップ S 1 1 ）。

【 0 0 6 9 】

そして、電流検出部 3 2 は、磁界発生コイル D 1 に流れる駆動電流の電流値を検出する（ステップ S 1 2 ）。なお、電流検出部 3 2 は、各検出コイル S の磁界検出と同期して行なう。電流検出部 3 2 によって検出された駆動電流値は、A / D 変換部 4 1 において A / D 変換され、さらに F F T 演算部 4 2 においてフーリエ変換されることによって位置検出に使用する所定の周波数成分が分離された状態で実数値と虚数値とをキャリブレーション演算部 5 1 に出力される。キャリブレーション演算部 5 1 は、変換部 4 0 による変換後の電流検出部 3 2 によって検出された駆動電流値を基準電流値として取得する（ステップ S 1 3 ）。一方、各検出コイル S が検出した磁界に対応する各電圧値も同様に、A / D 変換部 4 1 において A / D 変換され、F F T 演算部 4 2 においてフーリエ変換されることによって位置検出に使用する所定の周波数成分にそれぞれ分離された状態で実数値と虚数値とをキャリブレーション演算部 5 1 に出力される。キャリブレーション演算部 5 1 は、変換

10

20

30

40

50

部40による変換後の各検出コイルSによって検出された駆動磁界に対応する各電圧値を、各検出コイルSに対応した基準電圧値として取得する(ステップS14)。

【0070】

そして、キャリブレーション演算部51は、取得した基準電流値の位相を算出する(ステップS17)。キャリブレーション演算部51は、基準電流値、各基準電圧値および基準電流値の位相を基準値としてメモリ52に記憶させて(ステップS18)、基準値取得処理を終了する。

【0071】

次に、図4に示すキャリブレーション演算処理について説明する。図6は、図4に示すキャリブレーション演算処理の処理手順を示すフローチャートである。図6に示すように、キャリブレーション演算処理では、位置検出処理を開始するために、カプセル内視鏡10を体内に導入した被検体900を検出空間K内に移動させて、カプセル内視鏡10が検出空間K内に位置するようにカプセル内視鏡10を検出空間K内に設置する(ステップS20)。そして、磁界発生コイルD1は、制御部21の制御のもと、所定条件で検出空間K内に駆動磁界を発生する駆動磁界出力処理を開始し、これにともない、各検出コイルSは磁界検出処理を開始する(ステップS21)。なお、この各検出コイルSが検出した磁界に対応する電圧値は、A/D変換部41においてそれぞれA/D変換され、FFT演算部42においてフーリエ変換されることによって位置検出に使用する所定の周波数成分に分離され、各検出コイルSがそれぞれ検出した合成磁界として位置情報演算部53に出力される。

10

20

【0072】

そして、電流検出部32は、磁界発生コイルD1に流れる駆動電流の電流値を検出する(ステップS22)。なお、電流検出部32は、電流検出を各検出コイルSの磁界検出と同期して行なう。電流検出部32によって検出された駆動電流値は、A/D変換部41においてA/D変換され、さらにFFT演算部42においてフーリエ変換されることによって所定の周波数成分が分離された状態でキャリブレーション演算部51に出力される。キャリブレーション演算部51は、変換部40による変換後の電流検出部32によって検出された駆動電流値を取得し(ステップS23)、この駆動電流値の位相を算出する(ステップS24)。そして、キャリブレーション演算部51は、メモリ52内の各基準値を参照する(ステップS25)。

30

【0073】

キャリブレーション演算部51は、算出した駆動電流値の位相と、参照した各基準値をもとに、各検出コイルSが検出した合成磁界における駆動磁界成分の位相を算出する(ステップS27)。そして、キャリブレーション演算部51は、算出した各位相、すなわち、各検出コイルSが検出した合成磁界における駆動磁界成分の各位相を位置情報演算部53に出力する(ステップS28)。位置情報演算部53は、合成磁界から、キャリブレーション演算部51から出力された駆動磁界成分の位相に対応する駆動磁界に対して90°の位相差を有する共振磁界を分離する分離処理を各検出コイルSによる検出結果ごとに行い、分離された共振磁界に対して所定の演算処理を行なうことによってカプセル内視鏡10の現在の位置や向きを導出する。

40

【0074】

次に、ステップS27およびステップS28の演算処理について、各検出コイルSのうち検出コイルS1を例に説明する。なお、メモリ52に記憶された基準電流値の位相をD、検出コイルS1における基準電圧値の実数値をDR1、検出コイルS1における基準電圧値の虚数値DI1、および、電流検出部32において検出された駆動電流値の位相をD'とする。

【0075】

まず、キャリブレーション演算部51は、基準電流値と駆動電流値との位相差 D を以下の(1)式を用いることによって算出する。

$$D' - D = D \cdot \cdot \cdot (1)$$

50

【 0 0 7 6 】

次いで、キャリブレーション演算部 5 1 は、(1) 式で求めた位相差 D と、基準電圧値とを用いて、検出コイル S_1 が検出した合成磁界の駆動磁界成分の位相に対応する駆動電圧値の実数値 $S R 1'$ および虚数値 $S I 1'$ を算出する。具体的には、以下の (2) 式および (3) 式を用いて、基準電圧値の各値に各基準電圧値の位相を D 分加算することによって、駆動電圧値の実数値 $S R 1'$ および虚数値 $S I 1'$ を算出する。

$$S R 1' = (S R 1 \times \cos \quad - S I 1 \times \sin \quad) \quad \dots (2)$$

$$S I 1' = (S R 1 \times \sin \quad + S I 1 \times \cos \quad) \quad \dots (3)$$

【 0 0 7 7 】

そして、キャリブレーション演算部 5 1 は、(2) 式および (3) 式を用いて求めた駆動電圧値の実数値 $S R 1'$ および虚数値 $S I 1'$ をもとに、検出コイル S_1 における駆動電圧値の位相を算出する。キャリブレーション演算部 5 1 は、検出コイル $S_2 \sim S_8$ についても同様にして、検出コイル $S_2 \sim S_8$ における各駆動電圧値の位相を算出する。

【 0 0 7 8 】

位置検出システム 1 においては、図 4 ~ 図 6 に示した各処理手順を行なうことによって、各検出コイル S が検出した合成磁界を構成する駆動磁界成分として現に磁界発生コイル D_1 が発生する駆動磁界に対する駆動磁界成分の位相を求め、この求めた駆動磁界成分の位相をもとに合成磁界からカプセル内視鏡 1 0 が発生する共振磁界を正確に分離しているため、カプセル内視鏡 1 0 の位置を精度よく検出することができる。

【 0 0 7 9 】

(実施の形態 1 にかかる変形例 1)

次に、実施の形態 1 の変形例 1 について説明する。実施の形態 1 の変形例 1 では、合成磁界から駆動磁界成分を減算することによって共振磁界を分離する場合について説明する。実施の形態 1 にかかる変形例 1 においては、キャリブレーション演算部 5 1 は、駆動磁界成分として駆動磁界成分に対応する駆動電圧値の位相に加え、駆動電圧値の振幅も求めている。

【 0 0 8 0 】

図 7 を参照して、本実施の形態 1 の変形例 1 における処理内容について説明する。図 7 (1) は、磁界発生コイル D_1 が発生する駆動磁界の強度に対する時間依存性を示す図であり、図 7 (2) は、検出コイル S が検出した駆動磁界の強度に対する時間依存性を示す図である。図 7 (2) においては、カプセル内視鏡 1 0 が検出範囲 K 内に位置しない場合における検出コイル S の検出結果を示している。

【 0 0 8 1 】

この図 7 (1) の曲線 $L d 0$ に示すように、磁界発生コイル D_1 が所定周波数で駆動磁界を発生した場合、検出コイル S では、図 7 (2) の曲線 $L s 0$ のように磁界発生コイル D_1 との距離や検出コイル S の特性に応じた時間 T 分だけずれた状態で、同周波数で駆動磁界を検出している。さらに、磁界発生コイル D_1 が振幅 $K d 0$ で駆動磁界を発生した場合、検出コイル S では、振幅 $K s 0$ で駆動磁界を検出している。この磁界発生コイル D_1 が発生する駆動磁界の振幅 $K d 0$ と、検出コイル S が検出する駆動磁界の振幅 $K s 0$ との比は、磁界発生コイル D_1 の特性、検出コイル S の特性および磁界発生コイル D_1 と検出コイル S との相対位置関係によって決まっている。したがって、磁界発生コイル D_1 が発生する駆動磁界が、経時変化によって、図 7 (1) の曲線 $L d 1$ に示すように、曲線 $L d 0$ と比較して、矢印 $Y 2 1$ のように D 分ずれた位相で発生し、さらに、振幅が $K d 0$ から $K d 1$ に変化した場合には、検出コイル S において検出される駆動磁界は、図 7 (2) の曲線 $L s 1$ に示すように、曲線 $L s 0$ と比較して、矢印 $Y 2 2$ のように D 分ずれた位相となり、さらに、振幅は、 $K s 0$ を $(K d 1 / K d 0)$ 倍した $K s 1$ となる。

【 0 0 8 2 】

このため、カプセル内視鏡 1 0 の位置検出のために現に磁界発生コイル D_1 が発生する駆動磁界の位相が、基準となる駆動磁界の位相から、どれだけ変化しているかとともに、カプセル内視鏡 1 0 の位置検出のために現に磁界発生コイル D_1 が発生する駆動磁界の振

10

20

30

40

50

幅が、基準となる駆動磁界の振幅から、どれだけ変化しているかを求めれば、検出コイル S が検出した合成磁界のうち駆動磁界に対応する成分の位相および振幅を求めることができる。そして、検出コイル S が検出した合成磁界のうち一方の駆動磁界成分の位相および振幅を求めることによって、図 7 (3) の曲線 L c 1 に示す合成磁界から、曲線 L s 1 に示す駆動磁界成分を分離して、曲線 L r 1 に示すカプセル内視鏡 1 0 が発生する共振磁界成分を矢印 Y 2 3 のように取得することができる。

【 0 0 8 3 】

ところで、磁界発生コイル D 1 における駆動磁界の位相と磁界発生コイル D 1 に流れる電流の位相とは同一であり、さらに、磁界発生コイル D 1 における駆動磁界の振幅と磁界発生コイル D 1 に流れる電流の振幅とは一定の比例関係を有している。このため、本実施の形態 1 の変形例 1 では、電流検出部 3 2 において、位置検出時に磁界発生コイル D 1 に流れる駆動電流を検出し、この駆動電流の振幅を求め、求めた振幅の、基準電流値の振幅に対する比を求め、求めた駆動電流の振幅の比を、基準電圧値の振幅に乗じて、各検出コイル S が検出する駆動磁界成分の振幅を取得している。

【 0 0 8 4 】

具体的には、実施の形態 1 にかかる変形例 1 では、実施の形態 1 と同様に、カプセル内視鏡 1 0 が検出空間 K 内に位置しない場合に検出コイル S によって検出された磁界の検出値と電流検出部 3 2 によって検出された駆動電流の検出値とを基準値として用いている。そして、キャリブレーション演算部 5 1 は、カプセル内視鏡 1 0 に対する位置検出中に電流検出部 3 2 によって検出された駆動電流の検出値と、メモリ 5 2 に記憶した基準値とに基づいて駆動磁界成分の振幅および位相を算出する。キャリブレーション演算部 5 1 は、実施の形態 1 と同様に、メモリ 5 2 において基準値として記憶された駆動電流の検出値と、電流検出部 3 2 によって検出された磁界発生コイル D 1 に実際に流れている駆動電流の検出値との位相差を求め、駆動磁界成分の位相を算出する。さらに、キャリブレーション演算部 5 1 は、メモリ 5 2 において基準値として記憶された駆動電流の検出値と、電流検出部 3 2 によって検出された磁界発生コイル D 1 に実際に流れている駆動電流の検出値との振幅の比を求める。そして、キャリブレーション演算部 5 1 は、基準値として記憶された駆動磁界成分の振幅に、求めた振幅の比を乗じた値を求め、この値を、現に磁界発生コイル D 1 が発生する駆動磁界の駆動磁界成分の振幅として位置情報演算部 5 3 に出力する。

【 0 0 8 5 】

そして、位置情報演算部 5 3 は、図 8 に示すように、検出コイル S が検出した合成磁界 F c 1 から、キャリブレーション演算部 5 1 が出力した振幅および位相をもとに求められる駆動磁界 F d 1 を減算することによって、カプセル内視鏡 1 0 が発生する共振磁界 F r 1 を求める。そして、位置情報演算部 5 3 は、この共振磁界 F r 1 に対して所定の演算処理を行なうことによってカプセル内視鏡 1 0 の現在の位置や向きを導出する。

【 0 0 8 6 】

従来では、検出空間 K 内にカプセル内視鏡 1 0 が導入されていない状態で磁界発生コイル D 1 を駆動して検出空間 K 内に駆動磁界を形成し、この状態で検出コイル S に検出された駆動磁界 F d 0 を予め求め、この駆動磁界 F d 0 を、合成磁界 F c 1 から減算する駆動磁界として用いていた。しかしながら、従来の方法では、磁界発生コイル D 1 から実際に発生する駆動磁界が、駆動磁界発生部の経時変化、温度変化および LC 共振回路との干渉などによって、矢印 Y 1 1 のように、駆動磁界 F d 0 と位相および振幅が異なる駆動磁界 F d 1 に変化した場合であっても、合成磁界 F c から減算する駆動磁界として駆動磁界 F d 0 を用いていた。このため、従来では、この駆動磁界の変化が共振磁界の分離処理に反映されず、実際の共振磁界 F r 1 とは異なる磁界 F r 2 を用いて位置検出を行っていたため、位置検出精度が悪化してしまうという問題があった。

【 0 0 8 7 】

これに対して、本実施の形態 1 の変形例 1 においては、変化前の駆動磁界 F d 0 ではなく、電流検出部 3 2 によって検出された磁界発生コイル D 1 に流れる駆動電流をもとに磁

10

20

30

40

50

界発生コイルD 1が現に発生している駆動磁界の位相および振幅を求めて位置検出を行っているため、合成磁界F c 1から共振磁界F r 1を正しく分離することができ、実施の形態1と同様の効果を奏する。また、本実施の形態1の変形例1においても、位置検出中においては、電流検出部3 2の検出値と、基準値とを用いて駆動磁界成分を求めているため、位置検出システム1の個体差、および位置検出システム1の周辺環境の影響を除外した正確な位置検出結果を得ることができる。

【0088】

次に、図9を参照して、実施の形態1の変形例1における位置検出処理について説明する。図9は、実施の形態1の変形例1における位置検出処理の処理手順を示すフローチャートである。

10

【0089】

図9に示すように、実施の形態1の変形例1では、カプセル内視鏡10が検出空間K内に位置しない場合に各検出コイルSによって検出された駆動磁界の検出値と電流検出部3 2によって検出された駆動電流の検出値とを基準値として取得する基準値取得処理を行なう(ステップS 1 - 1)。この基準値取得処理は、位置検出ごとに行なう必要はなく、位置検出システム1の設置時、磁界発生コイルD 1および検出コイルSの部品交換時に行えば足りる。また、一定の精度を保つために定期的に行なってもよい。

【0090】

そして、実施の形態1の変形例1では、実際にカプセル内視鏡10を検出空間K内に配置した状態で、カプセル内視鏡10の位置検出処理を行なう。この場合、位置検出システム1では、キャリブレーション演算部5 1が、検出コイルSによって検出された合成磁界のうち、駆動磁界成分の振幅および位相を算出するキャリブレーション演算処理を行なう(ステップS 2 - 1)。次いで、位置情報演算部5 3は、検出コイルSによって検出された合成磁界から、キャリブレーション演算部5 1において算出された駆動磁界成分の振幅および位相をもとに、検出コイルSによって検出された合成磁界と駆動磁界との差分を求め、該求めた差分をカプセル内視鏡10による共振磁界として、カプセル内視鏡10の位置および方向を演算する位置演算処理を行なう(ステップS 3 - 1)。この位置情報演算部5 3による位置および方向の演算結果は、制御部2 1に出力され、制御部2 1の制御のもと表示部2 4に出力される。

20

【0091】

そして、制御部2 1は、図4に示すステップS 4と同様に、操作入力部2 3から入力された指示をもとに、位置検出処理を終了するか否かを判断する(ステップS 4 - 1)。制御部2 1は、位置検出処理を終了しないと判断した場合(ステップS 4 - 1: No)、位置検出継続のため、ステップS 2 - 1に戻り、キャリブレーション演算処理を行なう。一方、制御部2 1は、位置検出処理を終了すると判断した場合(ステップS 4 - 1: Yes)、位置検出終了にともない、磁界発生コイルD 1、検出コイルS、変換部4 0および位置検出部5 0に対する制御処理も終了する。

30

【0092】

次に、図9に示す基準値取得処理について説明する。図10は、図9に示す基準値取得処理の処理手順を示すフローチャートである。基準値取得処理においては、図10に示すように、まず、図5のステップS 1 0およびステップS 1 1と同様に、検出体であるカプセル内視鏡10を検出空間K内から除去後(ステップS 1 0 - 1)、磁界発生コイルD 1による駆動磁界出力処理および検出コイルSによる磁界検出が開始される(ステップS 1 1 - 1)。

40

【0093】

そして、図5のステップS 1 2と同様に、電流検出部3 2は、各検出コイルSの磁界検出と同期して磁界発生コイルD 1に流れる駆動電流の電流値を検出する(ステップS 1 2 - 1)。電流検出部3 2によって検出された駆動電流値は、実施の形態1と同様に、変換部4 0において所定の周波数成分が分離され、キャリブレーション演算部5 1において基準電流値として取得される(ステップS 1 3 - 1)。一方、各検出コイルSが検出した磁

50

界に対応する各電圧値も同様に、変換部 40 において所定の周波数成分が分離され、キャリアブレーション演算部 51 において各検出コイル S に対応した基準電圧値として取得される (ステップ S 14 - 1)。

【 0094 】

そして、キャリアブレーション演算部 51 は、取得した基準電流値の実数値と虚数値とをもとに基準電流値の振幅および位相を算出する (ステップ S 17 - 1)。キャリアブレーション演算部 51 は、基準電流値、各基準電圧値、算出した基準電流値の振幅および位相を基準値としてメモリ 52 に記憶させて (ステップ S 18 - 1)、基準値取得処理を終了する。

【 0095 】

次に、図 9 に示すキャリアブレーション演算処理について説明する。図 11 は、図 9 に示すキャリアブレーション演算処理の処理手順を示すフローチャートである。図 11 に示すように、キャリアブレーション演算処理では、図 6 のステップ S 20 およびステップ S 21 と同様に、位置検出処理を開始するために、検出体であるカプセル内視鏡 10 を検出空間 K 内に設置後 (ステップ S 20 - 1)、磁界発生コイル D1 による駆動磁界出力処理および検出コイル S による磁界検出が開始される (ステップ S 21 - 1)。この各検出コイル S が検出した磁界に対応する電圧値は、変換部 40 において位置検出に使用する所定の周波数成分に分離され、各検出コイル S がそれぞれ検出した合成磁界として位置情報演算部 53 に出力される。

【 0096 】

そして、図 6 のステップ S 22 と同様に、電流検出部 32 は、各検出コイル S の磁界検出と同期して磁界発生コイル D1 に流れる駆動電流の電流値を検出する (ステップ S 22 - 1)。そして、電流検出部 32 によって検出された駆動電流値は、図 6 のステップ S 23 と同様に、変換部 40 において所定の周波数成分が分離され、キャリアブレーション演算部 51 において駆動電流値として取得される (ステップ S 23 - 1)。

【 0097 】

次いで、キャリアブレーション演算部 51 は、この駆動電流値の振幅および位相を算出する (ステップ S 24 - 1)。そして、キャリアブレーション演算部 51 は、メモリ 52 内の各基準値を参照する (ステップ S 25 - 1)。

【 0098 】

キャリアブレーション演算部 51 は、算出した駆動電流値の振幅および位相と、参照した各基準値をもとに、各検出コイル S が検出した合成磁界における駆動磁界成分の振幅および位相を算出する (ステップ S 27 - 1)。そして、キャリアブレーション演算部 51 は、算出した各振幅および各位相、すなわち、各検出コイル S が検出した合成磁界における駆動磁界成分の各振幅および各位相を位置情報演算部 53 に出力する (ステップ S 28 - 1)。位置情報演算部 53 は、合成磁界から、キャリアブレーション演算部 51 から出力された駆動磁界成分の振幅および位相に対応する駆動磁界を減算して共振磁界を分離する分離処理を各検出コイル S による検出結果ごとに行い、分離された共振磁界に対して所定の演算処理を行なうことによってカプセル内視鏡 10 の現在の位置や向きを導出する。

【 0099 】

次に、ステップ S 27 - 1 およびステップ S 28 - 1 の演算処理について、各検出コイル S のうち検出コイル S1 を例に説明する。なお、メモリ 52 に記憶された基準電流値の位相を D 、基準電流値の振幅を D_X 、検出コイル S1 における基準電圧値の実数値を S_{R1} 、検出コイル S1 における基準電圧値の虚数値を S_{I1} 、電流検出部 32 において検出された駆動電流値の位相を D' 、および、駆動電流値の振幅を D_X' とする。

【 0100 】

キャリアブレーション演算部 51 は、実施の形態 1 と同様に、上記 (1) 式を用いて、基準電流値と駆動電流値との位相差 D を算出する。次いで、キャリアブレーション演算部 51 は、以下の (4) 式を用いて、基準電流値の振幅と駆動電流値の振幅との比 K_x を算出する。

10

20

30

40

50

$$DX' / DX = Kx \quad \dots (4)$$

【0101】

次いで、キャリブレーション演算部51は、(1)式で求めた位相差 D および(4)式で求めた振幅比 Kx と、基準電圧値とを用いて、検出コイル $S1$ が検出した合成磁界の駆動磁界成分に対応する駆動電圧値の実数値 $SR1'$ および虚数値 $SI1'$ を算出する。具体的には、以下の(5)式および(6)式を用いて、基準電圧値の各値に各基準電圧値の位相を D 分加算した後、振幅比 Kx を乗じることによって、駆動電圧値の実数値 $SR1'$ および虚数値 $SI1'$ を算出する。

$$SR1' = Kx \times (SR1 \times \cos D - SI1 \times \sin D) \quad \dots (5)$$

10

$$SI1' = Kx \times (SR1 \times \sin D + SI1 \times \cos D) \quad \dots (6)$$

【0102】

そして、キャリブレーション演算部51は、(5)式および(6)式を用いて求めた駆動電圧値の実数値 $DR1'$ および虚数値 $DI1'$ をもとに、検出コイル $S1$ における駆動電圧値の振幅および位相を算出する。キャリブレーション演算部51は、検出コイル $S2 \sim S8$ についても同様にして、検出コイル $S2 \sim S8$ における各駆動電圧値の振幅および位相を算出する。

【0103】

このように、実施の形態1の変形例1では、図9～図11に示した各処理手順を行なうことによって、各検出コイル S が検出した合成磁界を構成する駆動磁界成分として、現に磁界発生コイル $D1$ が発生する駆動磁界に対する駆動磁界成分の振幅および位相を求め、この求めた駆動磁界成分の振幅および位相をもとに合成磁界からカプセル内視鏡10が発生する共振磁界を正確に分離しているため、カプセル内視鏡10の位置を精度よく検出することができる。

20

【0104】

(実施の形態1の変形例2)

次に、実施の形態1の変形例2について説明する。実施の形態1の変形例2では、基準値ではなく、予め用意された磁界発生コイルの特性、各磁界検出コイルの特性、磁界発生コイルと磁界検出コイルとの相対位置情報を用いて、駆動磁界成分の実数値と虚数値とをシミュレーションにより算出する。

30

【0105】

図12を参照して、実施の形態1の変形例2における位置検出処理について説明する。図12は、実施の形態1の変形例2における位置検出処理の処理手順を示すフローチャートである。

【0106】

図12に示すように、実施の形態1の変形例2では、図4および図9に示す基準値取得処理を削除し、キャリブレーション演算部51によるキャリブレーション演算処理(ステップ $S2-2$)、位置情報演算部53による位置演算処理(ステップ $S3-2$)、および、制御部21による位置検出終了判断処理が行われる(ステップ $S4-2$)。なお、制御部21は、位置検出処理を終了しないと判断した場合(ステップ $S4-2: No$)、位置検出継続のため、ステップ $S2-2$ に戻り、キャリブレーション演算処理を行なう。一方、制御部21は、位置検出処理を終了すると判断した場合(ステップ $S4-2: Yes$)、位置検出終了にとともに、磁界発生コイル $D1$ 、検出コイル S 、変換部40および位置検出部50に対する制御処理も終了する。

40

【0107】

次に、図12に示すキャリブレーション演算処理について説明する。図13は、図12に示すキャリブレーション演算処理の処理手順を示すフローチャートである。図12に示すように、キャリブレーション演算処理では、図6のステップ $S20$ およびステップ $S21$ と同様に、位置検出処理を開始するために、検出体であるカプセル内視鏡10を検出空

50

間K内に設置後(ステップS20-2)、磁界発生コイルD1による駆動磁界出力処理および検出コイルSによる磁界検出が開始される(ステップS21-2)。この各検出コイルSが検出した磁界に対応する電圧値は、変換部40において位置検出に使用する所定の周波数成分に分離され、各検出コイルSがそれぞれ検出した合成磁界として位置情報演算部53に出力される。

【0108】

そして、図6のステップS22と同様に、電流検出部32は、各検出コイルSの磁界検出と同期して磁界発生コイルD1に流れる駆動電流の電流値を検出する(ステップS22-2)。そして、電流検出部32によって検出された駆動電流値は、図6のステップS23と同様に、変換部40において所定の周波数成分が分離され、キャリアレーション演算部51において駆動電流値として取得される(ステップS23-2)。

10

【0109】

次に、キャリアレーション演算部51は、磁界発生コイルD1の特性、各磁界検出コイルSの特性、磁界発生コイルD1と磁界検出コイルSとの各相対位置情報を取得する(ステップS25-2)。これらの各情報は、予め求められ、たとえばメモリ52内において記憶される。そして、キャリアレーション演算部51は、取得した磁界発生コイルD1の特性、各磁界検出コイルSの特性、磁界発生コイルD1と各磁界検出コイルSとの各相対位置情報と、駆動電流値とをもとに、各検出コイルSにおける駆動磁界成分の実数値と虚数値とをシミュレーションにより算出する(ステップS26-2)。

【0110】

20

そして、キャリアレーション演算部51は、算出した各検出コイルSにおける駆動磁界成分の実数値と虚数値とをもとに、各検出コイルSにおける駆動磁界成分の位相を算出する(ステップS27-2)。なお、キャリアレーション演算部51は、ステップS27-2において、各検出コイルSにおける駆動磁界成分の位相および振幅を算出してもよい。そして、キャリアレーション演算部51は、算出した各検出コイルSが検出した合成磁界における駆動磁界成分の各位相を位置情報演算部53に出力する(ステップS28-2)。位置情報演算部53は、キャリアレーション演算部51から出力された駆動磁界成分の位相、または、キャリアレーション演算部51から出力された駆動磁界成分の振幅および位相を用いて、各検出コイルSが検出した合成磁界から共振磁界を分離し、分離された共振磁界に対して所定の演算処理を行なうことによってカプセル内視鏡10の現在の位置や向きを導出する。

30

【0111】

このように、シミュレーションによって磁界発生コイルD1が実際に発生する駆動磁界成分を求めた場合も、合成磁界からカプセル内視鏡10が発生する共振磁界を正確に分離できるため、カプセル内視鏡10の位置を精度よく検出することができる。

【0112】

(実施の形態1の変形例3)

次に、実施の形態1の変形例3について説明する。実施の形態1の変形例3においては、磁界発生コイルによる駆動磁界の各位相に対する検出コイルの検出値と電流検出部の検出値とをそれぞれ対応させたLUT(ルックアップテーブル)を予め作成し、位置検出時には、このLUTを参照して、合成磁界における駆動磁界成分を求める。

40

【0113】

この場合、制御部21は、実際に、磁界発生コイルD1に、それぞれ異なる位相で駆動磁界を発生させ、各検出コイルおよび電流検出部32に検出処理をそれぞれ行なわせる。そして、制御部21は、磁界発生コイルD1が発生した駆動磁界の各位相ごとに、各検出コイルSによって検出された磁界の各検出値と、電流検出部32によって検出された駆動電流の各検出値とを取得する。メモリ52は、磁界発生コイルD1が発生した駆動磁界の各位相ごとに、取得した各検出コイルSによって検出された磁界の各検出値と、電流検出部32によって検出された駆動電流の各検出値とを対応付けた対応関係であるLUTを記憶する。さらに、キャリアレーション演算部51は、位置検出処理中に、電流検出部32

50

によって検出された駆動電流の検出値と、メモリ52によって記憶されたLUTとに基づいて、各検出コイルSが検出した合成磁界における駆動磁界に対応する駆動磁界成分の位相を算出する。

【0114】

図14を参照して、実施の形態1の変形例3における位置検出処理について説明する。図14は、実施の形態1の変形例3における位置検出処理の処理手順を示すフローチャートである。

【0115】

図14に示すように、実施の形態1の変形例3では、図4および図9に示す基準値取得処理に代えて、キャリブレーションデータテーブル作成処理(ステップS1-3)を行う。このキャリブレーションデータテーブル作成処理では、磁界発生コイルによる駆動磁界の各位相に対する検出コイルの検出値と電流検出部の検出値とをそれぞれ対応させたLUTを作成する。次いで、キャリブレーション演算部51は、電流検出部32によって検出された駆動電流の検出値と、メモリ52によって記憶されたLUTとに基づいて、各検出コイルSが検出した合成磁界における駆動磁界に対応する駆動磁界成分の位相を算出するキャリブレーションデータ取得処理(ステップS2-3)を行う。そして、図4に示すステップS3およびステップS4と同様に、位置情報演算部53による位置演算処理(ステップS3-3)、および、制御部21による位置検出終了判断処理が行われる(ステップS4-3)。なお、制御部21は、位置検出処理を終了しないと判断した場合(ステップS4-3:No)、位置検出継続のため、ステップS2-3に戻り、キャリブレーションデータ取得処理を行なう。一方、制御部21は、位置検出処理を終了すると判断した場合(ステップS4-3:Yes)、位置検出終了にともない、磁界発生コイルD1、検出コイルS、変換部40および位置検出部50に対する制御処理も終了する。

【0116】

次に、図14に示すキャリブレーションデータテーブル作成処理について説明する。図15は、図14に示すキャリブレーションデータテーブル作成処理の処理手順を示すフローチャートである。

【0117】

図15に示すように、検出体であるカプセル内視鏡10を検出空間K内から除去する(ステップS10-3)。次いで、磁界発生コイルD1による駆動磁界出力および各検出コイルSによる磁界検出が開始される(ステップS11-3)。まず、磁界発生コイルD1は、所定の初期条件にて駆動磁界を発生する。電流検出部32は、図5のステップS12と同様に、各検出コイルSの磁界検出と同期して磁界発生コイルD1に流れる駆動電流の電流値を検出する(ステップS12-3)。電流検出部32によって検出された駆動電流値は、実施の形態1と同様に、変換部40において所定の周波数成分が分離され、キャリブレーション演算部51において、磁界発生コイルD1が発生する駆動磁界の位相に対応する基準電流値として取得される(ステップS13-3)。一方、各検出コイルSが検出した磁界に対応する各電圧値も同様に、変換部40において所定の周波数成分が分離され、キャリブレーション演算部51において各検出コイルSに対応した基準電圧値であって磁界発生コイルD1が発生する駆動磁界の位相に対応する基準電圧値として取得される(ステップS14-3)。

【0118】

キャリブレーション演算部51は、取得した基準電流値に対応する駆動磁界の位相として、取得した基準電圧値の位相を算出する(ステップS15-3)。キャリブレーション演算部51は、駆動磁界の位相として算出した基準電圧値の位相を、基準電流値に対応付けて記憶する(ステップS16-3)。

【0119】

その後、制御部21は、取得対象の全位相に対して基準値を全て取得したか否かを判断する(ステップS17-3)。制御部21は、取得対象の全位相に対して基準値を全て取得していないと判断した場合には(ステップS17-3:No)、磁界発生コイルD1に

10

20

30

40

50

流れる駆動電流値の位相を次に取得対象である基準電流値の位相に変更する（ステップ S 1 8 - 3）。そして、ステップ S 1 1 - 3 に戻り、磁界発生コイル D 1 は、磁界発生コイル D 1 に流れる駆動電流の位相が、この位相となるように、磁界発生コイル D 1 に駆動磁界を発生するとともに、検出コイル S も磁界検出を開始する（ステップ S 1 1 - 3）。その後、位置検出システム 1 は、ステップ S 1 2 - 3 ~ ステップ S 1 6 - 3 に示す各処理を行ない、この位相に対応する基準電流値、および基準電圧値の位相を求め、基準電圧値の位相を駆動磁界の位相として、基準電流値の位相に対応付けて記憶する。

【 0 1 2 0 】

これに対し、制御部 2 1 が、取得対象の全位相に対して基準値を全て取得したと判断した場合には（ステップ S 1 7 - 3 : Yes）、キャリブレーション演算部 5 1 は、電流検出部 3 2 の検出値に対する駆動磁界の各位相をそれぞれ対応させた L U T を作成し（ステップ S 1 9 - 3）、メモリ 5 2 にこの L U T を記憶させる。この L U T は、基準電流値と駆動磁界の各位相とが対応付けられたものとなる。

10

【 0 1 2 1 】

次に、図 1 4 に示すキャリブレーションデータ取得処理について説明する。図 1 6 は、図 1 4 に示すキャリブレーションデータ取得処理の処理手順を示すフローチャートである。

【 0 1 2 2 】

図 1 6 に示すように、キャリブレーションデータ取得処理では、図 6 のステップ S 2 0 およびステップ S 2 1 と同様に、位置検出処理を開始するために、検出体であるカプセル内視鏡 1 0 を検出空間 K 内に設置後（ステップ S 2 0 - 3）、磁界発生コイル D 1 による駆動磁界出力処理および検出コイル S による磁界検出が開始される（ステップ S 2 1 - 3）。この各検出コイル S が検出した磁界に対応する電圧値は、変換部 4 0 において位置検出に使用する所定の周波数成分に分離され、各検出コイル S がそれぞれ検出した合成磁界として位置情報演算部 5 3 に出力される。

20

【 0 1 2 3 】

そして、図 6 のステップ S 2 2 と同様に、電流検出部 3 2 は、各検出コイル S の磁界検出と同期して磁界発生コイル D 1 に流れる駆動電流の電流値を検出する（ステップ S 2 2 - 3）。そして、電流検出部 3 2 によって検出された駆動電流値は、図 6 のステップ S 2 3 と同様に、変換部 4 0 において所定の周波数成分が分離され、キャリブレーション演算部 5 1 において駆動電流値として取得される（ステップ S 2 3 - 3）。キャリブレーション演算部 5 1 は、図 6 に示すステップ S 2 4 と同様に、この駆動電流値の位相を算出する（ステップ S 2 4 - 3）。

30

【 0 1 2 4 】

そして、キャリブレーション演算部 5 1 は、メモリ 5 2 内の L U T を参照する（ステップ S 2 5 - 3）。キャリブレーション演算部 5 1 は、参照した L U T から、算出した駆動電流値の位相に対応する各検出コイル S の駆動磁界成分の位相を取得する（ステップ S 2 7 - 3）。キャリブレーション演算部 5 1 は、取得した各位相を、各検出コイル S が検出した合成磁界における駆動磁界成分の各位相として位置情報演算部 5 3 に出力して（ステップ S 2 8 - 3）、キャリブレーションデータ取得処理を終了する。位置情報演算部 5 3 は、キャリブレーション演算部 5 1 から出力された駆動磁界成分の位相を用いて、各検出コイル S が検出した合成磁界から共振磁界を分離し、分離された共振磁界に対して所定の演算処理を行なうことによってカプセル内視鏡 1 0 の現在の位置や向きを導出する。

40

【 0 1 2 5 】

このように、予め L U T を作成し、この L U T を参照して磁界発生コイル D 1 が実際に発生する駆動磁界成分を求めた場合も、合成磁界からカプセル内視鏡 1 0 が発生する共振磁界を正確に分離できるため、カプセル内視鏡 1 0 の位置を精度よく検出することができる。

【 0 1 2 6 】

なお、本実施の形態 1 の変形例 3 は、駆動磁界成分の位相とともに駆動磁界成分の振幅

50

をもとに各検出コイルSが検出した合成磁界から共振磁界を分離する方法にも適用可能である。

【0127】

この場合、キャリブレーションデータテーブル作成処理では、ステップS11-3において位相とともに振幅も変えて磁界発生コイルD1による駆動磁界出力処理を行ない、ステップS15-3においては、基準電圧値の位相とともに振幅も算出し、ステップS19-3においては、基準電圧値に基準電圧値の振幅および位相をそれぞれ対応させたLUTを作成する。

【0128】

また、キャリブレーションデータ取得処理では、キャリブレーション演算部51は、ステップS24-3においては、図11に示すステップS24-1と同様に、この駆動電流値の振幅および位相を算出し、ステップS27-3においては、参照したLUTから、算出した駆動電流値の振幅および位相に対応する各検出コイルSの駆動磁界成分の振幅および位相を取得後、ステップS28-3においては、取得した各振幅および各位相を出力する。位置情報演算部53は、ステップS3-3においては、キャリブレーション演算部51において算出された駆動磁界成分の振幅および位相をもとに、検出コイルSによって検出された合成磁界と駆動磁界との差分を求め、該求めた差分をカプセル内視鏡10による共振磁界として、カプセル内視鏡10の位置および方向を演算する位置演算処理を行なう。

【0129】

(実施の形態1の変形例4)

次に、実施の形態1の変形例4について説明する。実施の形態1の変形例4では、磁界発生コイルD1における駆動磁界の位相と磁界発生コイルD1に流れる駆動電流の位相とは同一であるため、キャリブレーション演算部51は、電流検出部32によって検出された駆動電流の位相を、磁界検出コイルSによって検出された合成磁界の検出値における駆動磁界の成分の位相として出力する。

【0130】

実施の形態1の変形例4における位置検出処理について説明する。実施の形態1の変形例4では、図4のステップS2に示す検出コイルSによって検出された合成磁界のうち駆動磁界成分の位相を算出するキャリブレーション演算処理を行なった後、図4のステップS3に示す位置情報演算部53による位置演算処理、および、図4のステップS4に示す制御部21による位置検出終了判断処理が行われる。

【0131】

次に、実施の形態1の変形例4におけるキャリブレーション演算処理について説明する。図17は、実施の形態1の変形例4におけるキャリブレーション演算処理の処理手順を示すフローチャートである。

【0132】

図17に示すように、実施の形態1の変形例4におけるキャリブレーション演算処理においては、図6のステップS20およびステップS21と同様に、位置検出処理を開始するために、検出体であるカプセル内視鏡10を検出空間K内に設置後(ステップS20-4)、磁界発生コイルD1による駆動磁界出力および各検出コイルSによる磁界検出が開始される(ステップS21-4)。そして、図6のステップS22と同様に、電流検出部32は、各検出コイルSの磁界検出と同期して磁界発生コイルD1に流れる駆動電流の電流値を検出する(ステップS22-4)。電流検出部32によって検出された駆動電流値は、図6のステップS23と同様に、キャリブレーション演算部51において駆動電流値として取得される(ステップS23-4)。次いで、キャリブレーション演算部51は、図6のステップS24と同様に、この駆動電流値の位相を算出する(ステップS24-4)。そして、キャリブレーション演算部51は、電流検出部32によって検出された駆動電流の位相を、磁界検出コイルSによって検出された合成磁界の検出値における駆動磁界の成分の位相として出力する(ステップS28-4)。位置情報演算部53は、キャリブ

10

20

30

40

50

レーション演算部 5 1 から出力された駆動磁界成分の位相を用いて、各検出コイル S が検出した合成磁界から共振磁界を分離し、分離された共振磁界に対して所定の演算処理を行なうことによってカプセル内視鏡 1 0 の現在の位置や向きを導出する。

【 0 1 3 3 】

磁界発生コイル D 1 における駆動磁界の位相と磁界発生コイル D 1 に流れる駆動電流の位相とは略同一であるため、実施の形態 1 の変形例 4 においても、実施の形態 1 と同様に、合成磁界からカプセル内視鏡 1 0 が発生する共振磁界を正確に分離できる。

【 0 1 3 4 】

(実施の形態 2)

次に、実施の形態 2 について説明する。図 1 8 は、本実施の形態 2 による位置検出システム 2 0 1 の概略構成を示す模式図である。図 1 8 に示すように、本実施の形態 2 にかかる位置検出システム 2 0 1 は、検出空間 K 内に略均一な駆動磁界を形成する複数の磁界発生コイル D 1 , D 2 を備えるとともに、各磁界発生コイル D 1 , D 2 にそれぞれ対応する駆動信号生成部 3 1 a , 3 1 b および電流検出部 3 2 a , 3 2 b を備える。

【 0 1 3 5 】

そして、位置検出システム 2 0 1 は、図 1 に示す外部装置 2 0 に代えて、外部装置 2 2 0 を備える。外部装置 2 2 0 は、図 1 に示す制御部 2 1 に代えて制御部 2 2 1 を有し、図 1 に示す駆動コイル入力信号調整部 3 0 に代えて駆動コイル入力信号調整部 2 3 0 を有し、図 1 に示す変換部 4 0 に代えて変換部 2 4 0 を有し、図 1 に示す位置検出部 5 0 に代えて位置検出部 2 5 0 を有する。

【 0 1 3 6 】

制御部 2 2 1 は、外部装置 2 2 0 内の各部を制御する。駆動コイル入力信号調整部 2 3 0 は、磁界発生コイル D 1 , D 2 の駆動に用いる信号の振幅や位相を調整する。各駆動信号生成部 3 1 a , 3 1 b は、駆動コイル入力信号調整部 2 3 0 からの制御に従って磁界発生コイル D 1 または磁界発生コイル D 2 に入力する駆動信号を生成する。変換部 2 4 0 は、A / D 変換部 4 1 と同様に、複数の検出コイル S および電流検出部 3 2 a , 3 2 b の各検出信号を A / D 変換する A / D 変換部 2 4 1 と、FFT 演算部 4 2 と同様に、各検出コイル S において検出された各合成磁界成分と、電流検出部 3 2 a , 3 2 b において検出された駆動電流とを示す FFT データを生成する FFT 演算部 2 4 2 とを有する。位置検出部 2 5 0 は、電流検出部 3 2 a , 3 2 b によって検出された駆動電流の検出値に基づいて、検出コイル S によって検出された合成磁界成分の検出値における駆動磁界成分の位相を算出するキャリブレーション演算部 2 5 1、所定の基準値を記憶するメモリ 5 2、および、検出コイル S によって検出された検出結果とキャリブレーション演算部 2 5 1 において算出された算出結果をもとにカプセル内視鏡 1 0 の位置および方向を算出する位置情報演算部 2 5 3 を有する。

【 0 1 3 7 】

さらに、各磁界発生コイル D 1 , D 2 には、それぞれ切替スイッチ 2 5 4 a , 2 5 4 b が設けられている。切替スイッチ 2 5 4 a は、磁界発生コイル D 1 のコイルの閉ループをオープンに切り替え、切替スイッチ 2 5 4 b は、磁界発生コイル D 2 のコイルの閉ループをオープンに切り替える。キャリブレーション演算部 2 5 1 は、各磁界発生コイル D 1 , D 2 の各基準値を取得する場合には、各切替スイッチ 2 5 4 a , 2 5 4 b に対し、基準値の取得対象である磁界発生コイル以外の磁界発生コイルの閉ループをオープンにさせる。

【 0 1 3 8 】

この磁界発生コイルを複数有する位置検出システム 2 0 1 においては、各基準値を取得する場合には、基準値の取得対象である磁界発生コイル以外の磁界発生コイルの閉ループをオープンにすることによって、磁界発生コイル D 1 , D 2 間の干渉の影響を除去して、各磁界発生コイルごとに正しい各基準値を取得している。

【 0 1 3 9 】

次に、位置検出システム 2 0 1 における位置検出処理について説明する。図 1 9 は、図 1 8 に示す位置検出システム 2 0 1 における位置検出処理の処理手順を示すフローチャー

10

20

30

40

50

トである。

【 0 1 4 0 】

図 1 9 に示すように、位置検出システム 2 0 1 では、カプセル内視鏡 1 0 が検出空間 K 内に位置しない場合に各検出コイル S によって検出された駆動磁界の検出値と電流検出部 3 2 によって検出された駆動電流の検出値とを基準値として取得する基準値取得処理を行なう (ステップ S 2 0 1)。このステップ S 2 0 1 においては、各磁界発生コイルごとに各基準値を取得する。そして、キャリブレーション演算部 2 5 1 が、各検出コイル S によって検出された合成磁界のうち、駆動磁界成分の位相を算出するキャリブレーション演算処理を行なう (ステップ S 2 0 2)。次いで、位置情報演算部 2 5 3 は、各検出コイル S によって検出された合成磁界から、キャリブレーション演算部 2 5 1 において算出された 10
駆動磁界成分の位相に対して略直交する位相差を有する成分を求め、該求めた成分をもとに検出体の位置および方向を演算する位置演算処理を行なう (ステップ S 2 0 3)。その後、図 4 のステップ S 4 と同様に、制御部 2 2 1 による位置検出終了判断処理が行われる (ステップ S 2 0 4)。なお、制御部 2 2 1 は、位置検出処理を終了しないと判断した場合 (ステップ S 2 0 4 : N o)、位置検出継続のため、ステップ S 2 0 2 に戻り、キャリブレーション演算処理を行なう。一方、制御部 2 2 1 は、位置検出処理を終了すると判断した場合 (ステップ S 2 0 4 : Y e s)、位置検出終了にともない、磁界発生コイル D 1、D 2、検出コイル S、変換部 2 4 0 および位置検出部 2 5 0 に対する制御処理も終了する。

【 0 1 4 1 】

次に、図 1 9 に示す基準値取得処理について説明する。図 2 0 は、図 1 9 に示す基準値取得処理の処理手順を示すフローチャートである。図 2 0 に示すように、検出体であるカプセル内視鏡 1 0 を検出空間 K 内から除去する (ステップ S 2 1 0)。まず、磁界発生コイル D 1 の基準値を取得するために、キャリブレーション演算部 2 5 1 は、磁界発生コイル D 1、D 2 を識別する識別番号 n を初期化し、n = 1 とする (ステップ S 2 1 1)。次いで、キャリブレーション演算部 2 5 1 は、磁界発生コイル D n 以外をオープンに切り替える (ステップ S 2 1 2)。この場合、磁界発生コイル D 1、D 2 を識別する識別番号 n は 1 であるため、キャリブレーション演算部 2 5 1 は、磁界発生コイル D 1 以外の磁界発生コイル D 2 の閉ループをオープンにするように切替スイッチ 2 5 4 b を制御する。この結果、検出空間 K 内に形成される磁界は、磁界発生コイル D 1 による駆動磁界のみとなる 30

【 0 1 4 2 】

次いで、磁界発生コイル D 1 に対する基準値を取得するための各処理を行なう。このため、位置検出システム 2 0 1 では、磁界発生コイル D 1 から駆動磁界を出力させ (ステップ S 2 1 3)、検出コイル S による磁界検出を開始する (ステップ S 2 1 4)。次いで、電流検出部 3 2 a は、各検出コイル S の磁界検出と同期して磁界発生コイル D 1 に流れる駆動電流の電流値を検出する (ステップ S 2 1 5)。電流検出部 3 2 a によって検出された駆動電流値は、変換部 2 4 0 において所定の周波数成分が分離され、キャリブレーション演算部 2 5 1 において磁界発生コイル D 1 の基準電流値として取得される (ステップ S 2 1 6)。一方、各検出コイル S が検出した磁界に対応する各電圧値も同様に、変換部 2 4 0 において所定の周波数成分が分離され、キャリブレーション演算部 2 5 1 において、磁界発生コイル D 1 に対応する各検出コイル S の基準電圧値として取得される (ステップ S 2 1 7)。 40

【 0 1 4 3 】

そして、キャリブレーション演算部 2 5 1 は、取得した磁界発生コイル D 1 に対応する基準電流値をもとに磁界発生コイル D 1 に対応する基準電流値の位相を算出する (ステップ S 2 2 0)。キャリブレーション演算部 2 5 1 は、基準電流値、基準電圧値および基準電流値の位相の各基準値を磁界発生コイル D 1 に対応する基準値としてメモリ 5 2 に記憶させて (ステップ S 2 2 1)、磁界発生コイル D 1 に対応する基準値取得処理を終了する。

10

20

30

40

50

【 0 1 4 4 】

次に、キャリブレーション演算部 2 5 1 は、磁界発生コイル D 1 , D 2 を識別する識別番号 n と最大値 N とを比較して、 $n = N$ であるか否かを判断する (ステップ S 2 2 2)。キャリブレーション演算部 2 5 1 は、 $n = N$ でないとは判断した場合 (ステップ S 2 2 2 : No)、 n に 1 を加算して $n = n + 1$ とし (ステップ S 2 2 3)、磁界発生コイル D 2 に対する基準値を取得するための各処理を行なう。このため、ステップ S 2 1 2 に戻り、キャリブレーション演算部 2 5 1 は、磁界発生コイル D 2 以外の磁界発生コイル D 1 の閉ループをオープンにするように切替スイッチ 2 5 4 a を制御し、検出空間 K 内に形成される磁界が、磁界発生コイル D 2 による駆動磁界のみとする。そして、磁界発生コイル D 2 から駆動磁界を出力させた後 (ステップ S 2 1 3)、ステップ S 2 1 4 ~ ステップ S 2 2 0 の各処理を行ない、磁界発生コイル D 2 に対する基準値を取得する。一方、キャリブレーション演算部 2 5 1 は、 $n = N$ であると判断した場合 (ステップ S 2 2 2 : Yes)、基準値取得処理を終了する。

10

【 0 1 4 5 】

次に、図 1 9 に示すキャリブレーション演算処理について説明する。図 2 1 は、図 1 9 に示すキャリブレーション演算処理の処理手順を示すフローチャートである。図 2 1 に示すように、キャリブレーション演算処理では、図 6 のステップ S 2 0 と同様に、位置検出処理を開始するために、検出体であるカプセル内視鏡 1 0 を検出空間 K 内に設置後 (ステップ S 2 3 0)、磁界発生コイル D 1 , D 2 による駆動磁界出力処理および検出コイル S による磁界検出が開始される (ステップ S 2 3 1)。この各検出コイル S が検出した磁界に対応する電圧値は、変換部 2 4 0 において位置検出に使用する所定の周波数成分に分離され、各検出コイル S がそれぞれ検出した合成磁界として位置情報演算部 2 5 3 に出力される。

20

【 0 1 4 6 】

そして、電流検出部 3 2 a , 3 2 b は、各検出コイル S の磁界検出と同期して各磁界発生コイル D 1 , D 2 に流れる駆動電流の電流値をそれぞれ検出する (ステップ S 2 3 2)。そして、電流検出部 3 2 によって検出された各駆動電流値は、変換部 2 4 0 において所定の周波数成分が分離され、キャリブレーション演算部 2 5 1 において各磁界発生コイル D 1 , D 2 に対応する駆動電流値として取得される (ステップ S 2 3 3)。

【 0 1 4 7 】

次いで、キャリブレーション演算部 2 5 1 は、この磁界発生コイル D 1 , D 2 に対応する各駆動電流値の位相をそれぞれ算出する (ステップ S 2 3 4)。そして、キャリブレーション演算部 2 5 1 は、メモリ 5 2 内の各磁界発生コイル D 1 , D 2 に対応する各基準値を参照する (ステップ S 2 3 5)。

30

【 0 1 4 8 】

キャリブレーション演算部 2 5 1 は、算出した各駆動電流値の位相と、参照した各磁界発生コイル D 1 , D 2 に対応する各基準値をもとに、各磁界発生コイル D 1 , D 2 ごとに、各検出コイル S が検出した合成磁界における各駆動磁界成分の実数値と虚数値とを算出する (ステップ S 2 3 6)。次いで、キャリブレーション演算部 2 5 1 は、各磁界発生コイル D 1 , D 2 に対応する各駆動磁界成分の実数値と虚数値とをもとに、この各磁界発生コイル D 1 , D 2 の駆動磁界成分を合成する処理を各検出コイル S ごとに行ない (ステップ S 2 3 7)、ステップ S 2 3 7 において合成した駆動磁界成分の位相を各検出コイルごとに算出する (ステップ S 2 3 8)。その後、キャリブレーション演算部 2 5 1 は、算出した各検出コイル S の検出による合成磁界における磁界発生コイル D 1 , D 2 の駆動磁界成分の位相を位置情報演算部 2 5 3 に出力する (ステップ S 2 3 9)。位置情報演算部 2 5 3 は、合成磁界から、キャリブレーション演算部 2 5 1 から出力された駆動磁界成分の位相に対応する駆動磁界に対して 90° の位相差を有する共振磁界を分離する分離処理を各検出コイル S による検出結果ごとに行い、分離された共振磁界に対して所定の演算処理を行なうことによってカプセル内視鏡 1 0 の現在の位置や向きを導出する。

40

【 0 1 4 9 】

50

次に、ステップS 2 3 7およびステップS 2 3 8の演算処理について、各検出コイルSのうち検出コイルS 1を例に説明する。なお、メモリ5 2に記憶された基準電流値の位相のうち磁界発生コイルD 1に対応する位相をD、磁界発生コイルD 2に対応する位相をD、検出コイルS 1における基準電圧値のうち磁界発生コイルD 1に対応する基準電圧値の実数値をDR 1、虚数値をDI 1、磁界発生コイルD 2に対応する基準電圧値の実数値をDR 2、虚数値DI 2、および、電流検出部3 2 aにおいて検出された磁界発生コイルD 1に対応する駆動電流値の位相をD、電流検出部3 2 bにおいて検出された磁界発生コイルD 2に対応する駆動電流値の位相をDとする。

【0 1 5 0】

ステップS 2 3 6に対応する処理として、まず、キャリブレーション演算部2 5 1は、磁界発生コイルD 1に対応する基準電流値と駆動電流値との位相差Dを以下の(1 1 - 1)式を用いることによって算出する。

$$D - D = D \dots (1 1 - 1)$$

10

【0 1 5 1】

さらに、キャリブレーション演算部2 5 1は、磁界発生コイルD 2に対応する基準電流値と駆動電流値との位相差Dを以下の(1 1 - 2)式を用いることによって算出する。

$$D - D = D \dots (1 1 - 2)$$

【0 1 5 2】

次いで、キャリブレーション演算部2 5 1は、(1 1 - 1)式で求めた位相差Dと磁界発生コイルD 1に対応する基準電圧値とを用いて、検出コイルS 1が検出した合成磁界のうち磁界発生コイルD 1の駆動磁界成分に対応する駆動電圧値の実数値DR 1'および虚数値DI 1'を算出する。具体的には、以下の(1 2 - 1)式および(1 3 - 1)式を用いて、磁界発生コイルD 1に対応する基準電圧値の各値に各基準電圧値の位相をD分加算することによって、駆動電圧値の実数値DR 1'および虚数値DI 1'を算出する。

$$DR 1' = (DR 1 \times \cos D - DI 1 \times \sin D) \dots (1 2 - 1)$$

$$DI 1' = (DR 1 \times \sin D + DI 1 \times \cos D) \dots (1 3 - 1)$$

20

30

【0 1 5 3】

同様に、キャリブレーション演算部2 5 1は、(1 1 - 2)式で求めた位相差Dと磁界発生コイルD 2に対応する基準電圧値とを用いて、検出コイルS 1が検出した合成磁界のうち磁界発生コイルD 2の駆動磁界成分に対応する駆動電圧値の実数値DR 2'および虚数値DI 2'を算出する。具体的には、以下の(1 2 - 2)式および(1 3 - 2)式を用いて、磁界発生コイルD 2に対応する基準電圧値の各値に各基準電圧値の位相をD分加算することによって、駆動電圧値の実数値DR 2'および虚数値DI 2'を算出する。

$$DR 2' = (DR 2 \times \cos D - DI 2 \times \sin D) \dots (1 2 - 2)$$

$$DI 2' = (DR 2 \times \sin D + DI 2 \times \cos D) \dots (1 3 - 2)$$

40

【0 1 5 4】

次いで、ステップS 2 3 7に対応する処理として、(1 2 - 1)式、(1 2 - 2)式、(1 3 - 1)式および(1 3 - 2)式によって算出された各磁界発生コイルD 1, D 2に対応する駆動磁界成分の実数値DR 1', DR 2'と虚数値DI 1', DI 2'と、以下の(1 4 - 1)式および(1 4 - 2)式を用いて、磁界発生コイルD 1, D 2の駆動磁界成分を合成した駆動電圧値の実数値SR 1虚数値SI 1とを求める。

$$SR 1 = DR 1' + DR 2' \dots (1 4 - 1)$$

$$SI 1 = DI 1' + DI 2' \dots (1 4 - 2)$$

50

【 0 1 5 5 】

そして、キャリアレーション演算部 2 5 1 は、磁界発生コイル D 1 , D 2 の各駆動磁界成分を合成した磁界を検出コイル S 1 における駆動磁界成分として、この駆動磁界成分に対応する駆動電圧値の実数値 $S R 2'$ 、虚数値 $S I 2'$ をもとに、検出コイル S 1 における駆動電圧値の位相を算出する。キャリアレーション演算部 2 5 1 は、検出コイル S 2 ~ S 8 についても同様にして、検出コイル S 2 ~ S 8 における各駆動電圧値の位相を算出する。

【 0 1 5 6 】

位置検出システム 2 0 1 においては、図 1 9 ~ 図 2 1 に示した各処理手順を行なうこと
10
によって、磁界発生コイル D 1 , D 2 間の干渉の影響を除去して、各磁界発生コイル D 1 , D 2 ごとに正しい各基準値を取得している。さらに、位置検出システム 2 0 1 においては、この各磁界発生コイル D 1 , D 2 にそれぞれ対応する各基準値と、各電流検出部 3 2 a , 3 2 b がそれぞれ検出した駆動電流値とをもとに、現に磁界発生コイル D 1 , D 2 が発生する駆動磁界成分の位相を求めて、合成磁界からカプセル内視鏡 1 0 が発生する共振磁界を正確に分離しているため、カプセル内視鏡 1 0 の位置を精度よく検出することができる。

【 0 1 5 7 】

(実施の形態 2 の変形例 1)

次に、実施の形態 2 の変形例 1 について説明する。実施の形態 2 の変形例 1 では、駆動
20
磁界成分として駆動磁界成分に対応する駆動電圧値の位相に加え、駆動電圧値の振幅も求め、合成磁界から駆動磁界成分を減算することによって共振磁界を分離する場合について説明する。

【 0 1 5 8 】

実施の形態 2 の変形例 1 における位置検出処理について説明する。図 2 2 は、実施の形
態 2 の変形例 1 における位置検出処理の処理手順を示すフローチャートである。図 2 2 に
示すように、実施の形態 2 の変形例 1 では、カプセル内視鏡 1 0 が検出空間 K 内に位置し
ない場合に各検出コイル S によって検出された駆動磁界の検出値と電流検出部 3 2 a , 3
2 b によって検出された駆動電流の検出値とを基準値として取得する基準値取得処理を行
なう(ステップ S 2 0 1 - 1)。このステップ S 2 0 1 - 1 においては、各磁界発生コイル
ごとに各基準値を取得する。そして、キャリアレーション演算部 2 5 1 が、各検出コ
イル S によって検出された合成磁界のうち、駆動磁界成分の振幅および位相を算出する
キャリアレーション演算処理を行なう(ステップ S 2 0 2 - 1)。次いで、位置情報演算部 2
5 3 は、各検出コイル S によって検出された合成磁界から、キャリアレーション演算部 2
5 1 において算出された駆動磁界成分の振幅および位相をもとに、検出コイル S によ
って検出された合成磁界と駆動磁界との差分を求め、該求めた差分をカプセル内視鏡 1 0
による共振磁界として、カプセル内視鏡 1 0 の位置および方向を演算する位置演算処理を行
なう(ステップ S 2 0 3 - 1)。その後、図 4 のステップ S 4 と同様に、制御部 2 2 1 によ
る位置検出終了判断処理が行われる(ステップ S 2 0 4 - 1)。なお、制御部 2 2 1 は、
位置検出処理を終了しないと判断した場合(ステップ S 2 0 4 - 1 : N o)、位置検出継
続のため、ステップ S 2 0 2 - 1 に戻り、キャリアレーション演算処理を行なう。一方、
制御部 2 2 1 は、位置検出処理を終了すると判断した場合(ステップ S 2 0 4 - 1 : Y e
s)、位置検出終了にともない、磁界発生コイル D 1 , D 2、検出コイル S、変換部 2 4
0 および位置検出部 2 5 0 に対する制御処理も終了する。

【 0 1 5 9 】

次に、図 2 2 に示す基準値取得処理について説明する。図 2 3 は、図 2 2 に示す基準値
取得処理の処理手順を示すフローチャートである。図 2 3 に示すように、検出体であるカ
プセル内視鏡 1 0 を検出空間 K 内から除去する(ステップ S 2 1 0 - 1)。まず、磁界発
生コイル D 1 の基準値を取得するために、キャリアレーション演算部 2 5 1 は、図 2 0 の
ステップ S 2 1 1 と同様に、識別番号 n を初期化し、 $n = 1$ とし(ステップ S 2 1 1 - 1
)、磁界発生コイル D n 以外をオープンに切り替える(ステップ S 2 1 2 - 1)。キャリ
50

ブレーション演算部 251 は、磁界発生コイル D1 以外の磁界発生コイル D2 の閉ループをオープンにするように切替スイッチ 254b を制御する。

【0160】

次いで、磁界発生コイル D1 に対する基準値を取得するための各処理を行なう。このため、図 20 に示すステップ S213 ~ ステップ S216 と同様に、位置検出システム 201 では、磁界発生コイル D1 から駆動磁界を出力させ (ステップ S213 - 1)、検出コイル S による磁界検出を開始し (ステップ S214 - 1)、電流検出部 32a による磁界発生コイル D1 の駆動電流値の検出 (ステップ S215 - 1) が行われ、キャリブレーション演算部 251 による磁界発生コイル D1 の基準電流値の取得が行われる (ステップ S216 - 1)。そして、図 20 のステップ S217 と同様に、キャリブレーション演算部 251 による磁界発生コイル D1 の各基準電圧値の取得が行われる (ステップ S217 - 1)。

10

【0161】

そして、キャリブレーション演算部 251 は、取得した磁界発生コイル D1 に対応する基準電流値の実数値と虚数値とをもとに磁界発生コイル D1 に対応する基準電流値の振幅および位相を算出する (ステップ S220 - 1)。キャリブレーション演算部 251 は、基準電流値、基準電圧値、および算出した基準電流値の振幅および位相の各基準値を磁界発生コイル D1 に対応する基準値としてメモリ 52 に記憶させて (ステップ S221 - 1)、磁界発生コイル D1 に対応する基準値の取得を終了する。

【0162】

次に、キャリブレーション演算部 251 は、図 20 に示すステップ S222 と同様に、 $n = N$ であるか否かを判断する (ステップ S222 - 1)。キャリブレーション演算部 251 は、 $n = N$ でないと判断した場合 (ステップ S222 - 1: No)、 n に 1 を加算して $n = n + 1$ とし (ステップ S223 - 1)、磁界発生コイル D2 に対する基準値を取得するため、ステップ S212 - 1 に戻り、磁界発生コイル D2 以外の磁界発生コイル D1 の閉ループをオープンにするように切替スイッチ 254a を制御し、ステップ S213 - 1 ~ ステップ S221 - 1 の各処理を行なう。これによって、磁界発生コイル D2 に対する基準値を取得する。一方、キャリブレーション演算部 251 は、 $n = N$ であると判断した場合 (ステップ S222 - 1: Yes)、基準値取得処理を終了する。

20

【0163】

次に、図 22 に示すキャリブレーション演算処理について説明する。図 24 は、図 22 に示すキャリブレーション演算処理の処理手順を示すフローチャートである。図 24 に示すように、キャリブレーション演算処理では、図 6 のステップ S20 と同様に、位置検出処理を開始するために、検出体であるカプセル内視鏡 10 を検出空間 K 内に設置後 (ステップ S230 - 1)、磁界発生コイル D1, D2 による駆動磁界出力処理および検出コイル S による磁界検出が開始される (ステップ S231 - 1)。

30

【0164】

そして、電流検出部 32a, 32b は、各検出コイル S の磁界検出と同期して各磁界発生コイル D1, D2 に流れる駆動電流の電流値をそれぞれ検出する (ステップ S232 - 1)。キャリブレーション演算部 251 において各磁界発生コイル D1, D2 に対応する駆動電流値として取得される (ステップ S233 - 1)。

40

【0165】

次いで、キャリブレーション演算部 251 は、この磁界発生コイル D1, D2 に対応する各駆動電流値の振幅および位相をそれぞれ算出する (ステップ S234 - 1)。そして、キャリブレーション演算部 251 は、メモリ 52 内の各磁界発生コイル D1, D2 に対応する各基準値を参照する (ステップ S235 - 1)。

【0166】

キャリブレーション演算部 251 は、算出した各駆動電流値の振幅および位相と、参照した各磁界発生コイル D1, D2 に対応する各基準値をもとに、各磁界発生コイル D1, D2 ごとに、各検出コイル S が検出した合成磁界における各駆動磁界成分の実数値と虚数

50

値とを算出する（ステップS236-1）。次いで、キャリブレーション演算部251は、各磁界発生コイルD1, D2に対応する各駆動磁界成分の実数値と虚数値とをもとに、この各磁界発生コイルD1, D2の駆動磁界成分を合成する処理を各検出コイルSごとに行ない（ステップS237-1）、ステップS237において合成した駆動磁界成分の振幅および位相を各検出コイルごとに算出する（ステップS238-1）。その後、キャリブレーション演算部251は、算出した各検出コイルSの検出による合成磁界における磁界発生コイルD1, D2の駆動磁界成分の振幅および位相を位置情報演算部253に出力する（ステップS239-1）。位置情報演算部253は、合成磁界から、キャリブレーション演算部251から出力された駆動磁界成分の振幅および位相に対応する駆動磁界を減算して共振磁界を分離する分離処理を各検出コイルSによる検出結果ごとに行い、分離された共振磁界に対して所定の演算処理を行なうことによってカプセル内視鏡10の現在の位置や向きを導出する。

10

【0167】

次に、ステップS237-1およびステップS238-1の演算処理について、各検出コイルSのうち検出コイルS1を例に説明する。なお、メモリ52に記憶された基準電流値の位相のうち磁界発生コイルD1に対応する位相をD、磁界発生コイルD2に対応する位相をD、基準電流値の振幅のうち磁界発生コイルD1に対応する振幅をDX、磁界発生コイルD2に対応する振幅をDY、検出コイルS1における基準電圧値のうち磁界発生コイルD1に対応する基準電圧値の実数値をDR1、虚数値をDI1、磁界発生コイルD2に対応する基準電圧値の実数値をDR2、虚数値DI2、および、電流検出部32aにおいて検出された磁界発生コイルD1に対応する駆動電流値の位相をD'、振幅をDX'、電流検出部32bにおいて検出された磁界発生コイルD2に対応する駆動電流値の位相をD'、振幅をDY'とする。

20

【0168】

ステップS236-1に対応する処理として、キャリブレーション演算部251は、実施の形態2と同様に、上記(11-1)式および(11-2)式を用いて、磁界発生コイルD1に対応する基準電流値と駆動電流値との位相差D、および、磁界発生コイルD2に対応する基準電流値と駆動電流値との位相差D、を算出する。

【0169】

次いで、キャリブレーション演算部251は、以下の(15-1)式を用いて、磁界発生コイルD1に対応する基準電流値の振幅と駆動電流値の振幅との比Kxを算出する。次いで、キャリブレーション演算部251は、以下の(15-2)式を用いて、磁界発生コイルD2に対応する基準電流値の振幅と駆動電流値の振幅との比Kyを算出する。

30

$$DX' / DX = Kx \quad \dots (15-1)$$

$$DY' / DY = Ky \quad \dots (15-2)$$

【0170】

次いで、キャリブレーション演算部251は、(11-1)式で求めた位相差D、(15-1)式で求めた振幅比Kx、および磁界発生コイルD1に対応する基準電圧値を用いて、検出コイルS1が検出した合成磁界のうち磁界発生コイルD1の駆動磁界成分に対応する駆動電圧値の実数値DR1'および虚数値DI1'を算出する。具体的には、以下の(16-1)式および(17-1)式を用いて、磁界発生コイルD1に対応する基準電圧値の各値に各基準電圧値の位相をD分加算した後、振幅比Kxを乗じることによって、駆動電圧値の実数値DR1'および虚数値DI1'を算出する。

40

$$DR1' = Kx \times (DR1 \times \cos D - DI1 \times \sin D) \quad \dots (16-1)$$

$$DI1' = Kx \times (DR1 \times \sin D + DI1 \times \cos D) \quad \dots (17-1)$$

【0171】

同様に、キャリブレーション演算部251は、(11-2)式で求めた位相差D、(15-2)式で求めた振幅比Ky、および磁界発生コイルD2に対応する基準電圧値を

50

用いて、検出コイルS 1が検出した合成磁界のうち磁界発生コイルD 2の駆動磁界成分に対応する駆動電圧値の実数値DR 2'および虚数値DI 2'を算出する。具体的には、以下の(16-2)式および(17-2)式を用いて、磁界発生コイルD 1に対応する基準電圧値の各値に各基準電圧値の位相をD 分加算した後、振幅比Kyを乗じることによって、駆動電圧値の実数値DR 2'および虚数値DI 2'を算出する。

$$DR 2' = Ky \times (DR 2 \times \cos \quad - DI 2 \times \sin \quad) \quad \dots (16-2)$$

$$DI 2' = Ky \times (DR 2 \times \sin \quad + DI 2 \times \cos \quad) \quad \dots (17-2)$$

【0172】

次いで、ステップS 237-1に対応する処理として、(16-1)式、(16-2)式、(17-1)式および(17-2)式によって算出された各磁界発生コイルD 1, D 2に対応する駆動磁界成分の実数値DR 1', DR 2'と虚数値DI 1', DI 2'と、以下の(18-1)式および(18-2)式を用いて、磁界発生コイルD 1, D 2の駆動磁界成分を合成した駆動電圧値の実数値SR 1虚数値SI 1とを求める。

$$SR 1 = DR 1' + DR 2' \quad \dots (18-1)$$

$$SI 1 = DI 1' + DI 2' \quad \dots (18-2)$$

【0173】

そして、キャリブレーション演算部251は、磁界発生コイルD 1, D 2の各駆動磁界成分を合成した磁界を検出コイルS 1における駆動磁界成分として、この駆動磁界成分に対応する駆動電圧値の実数値SR 2'、虚数値SI 2'をもとに、検出コイルS 1における駆動電圧値の振幅および位相を算出する。キャリブレーション演算部251は、検出コイルS 2~S 8についても同様にして、検出コイルS 2~S 8における各駆動電圧値の振幅および位相を算出する。

【0174】

位置検出システム201においては、図22~図24に示した各処理手順を行なうことによって、実施の形態2と同様に、磁界発生コイルD 1, D 2間の干渉の影響を除去して、各磁界発生コイルD 1, D 2ごとに正しい各基準値を取得しているため、実施の形態2と同様の効果を奏する。

【0175】

なお、実施の形態2および実施の形態2の変形例1においては、前述した実施の形態1の変形例2および実施の形態1の変形例3をそれぞれ適用可能である。すなわち、実施の形態2および実施の形態2の変形例1においては、予め用意された磁界発生コイルD 1, D 2の特性、各磁界検出コイルSの特性、磁界発生コイルD 1, D 2と検出コイルSとの相対位置情報を用いて、各磁界発生コイルD 1, D 2ごとに駆動磁界成分の実数値と虚数値とをシミュレーションにより算出してもよい。また、実施の形態2および実施の形態2の変形例1においては、電流検出部32a, 32bの検出値に対する検出コイルの検出値(磁界発生コイルD 1, D 2による駆動磁界)をそれぞれ対応させたLUT(ルックアップテーブル)を予め磁界発生コイルD 1, D 2ごとにそれぞれ作成し、位置検出時には、この各LUTを参照して、各磁界発生コイルD 1, D 2ごとに駆動磁界成分の実数値と虚数値とを求めてもよい。

【0176】

また、図1に示すカプセル内視鏡10について説明する。カプセル内視鏡10は、図25に示すように、例えば、並列接続されたキャパシタ(C)とインダクタ(L)とよりなるLC共振回路111を有する共振磁界発生部11と、メモリ部12と、カプセル内視鏡10内の各部を制御する制御部13と、被検体900内における各種情報を取得する被検体内情報取得部14と、被検体内情報取得部14が取得した被検体内情報を無線信号としてカプセル内視鏡10外部へ送信する無線送信部15および送信用アンテナ15aと、外部装置20から無線信号として送信された各種操作指示等を受信する無線受信部16および受信用アンテナ16aと、カプセル内視鏡10内の各部に電力を供給する内部電源17

10

20

30

40

50

と、を含む。なお、図 25 は、本実施の形態によるカプセル内視鏡 10 の概略構成例を示すブロック図である。

【0177】

被検体内情報取得部 14 は、例えば被検体内情報としての被検体内画像を取得する撮像部 142 と、撮像部 142 で被検体 900 内を撮像する際に被検体 900 内を照明する照明部 141 と、撮像部 142 で取得された被検体内画像に所定の信号処理を実行する信号処理部 143 と、を有する。

【0178】

撮像部 142 は、例えば図 26 に示すように、入射した光を電気信号に変換して像を形成する撮像素子 142a と、撮像素子 142a の受光面側に配設された対物レンズ 142c と、撮像素子 142a を駆動する不図示の撮像素子駆動回路と、を有する。なお、図 26 は、本実施の形態によるカプセル内視鏡 10 の概略構成例を示す外観図である。

10

【0179】

図 26 に示すように、撮像素子 142a は、例えば CCD カメラや CMOS カメラなどを用いることができる。撮像素子駆動回路は、制御部 13 からの制御のもと、撮像素子 142a を駆動してアナログ信号の被検体内画像を取得する。また、撮像素子駆動回路は、撮像素子 142a から読み出したアナログ信号の被検体内画像を信号処理部 143 へ出力する。

【0180】

また、図 26 に示すように、照明部 141 は、複数の光源 141A と、各光源 141A を駆動する不図示の光源駆動回路と、を有する。各光源 141A には、例えば LED (Light Emitting Diode) などを用いることができる。光源駆動回路は、制御部 13 からの制御のもと、撮像部 142 の駆動に合わせて光源 141A を駆動することで、被検体 900 内を照明する。

20

【0181】

図 25 に戻り説明する。信号処理部 143 は、撮像部 142 から入力されたアナログの被検体内画像に例えばサンプリングや増幅や A/D (Analog to Digital) 変換などの所定の信号処理を実行することで、デジタルの被検体内画像を生成する。各種処理が実行された被検体内画像は、無線送信部 15 に入力される。

【0182】

30

なお、被検体内情報取得部 14 は、不図示のセンサ素子およびこれを駆動制御するセンサ素子駆動回路を備えていてもよい。センサ素子は、例えば体温計や圧力計や pH 計などで構成され、適宜、被検体内情報として被検体 900 内の温度や圧力や pH 値などを取得する。センサ素子駆動回路は、制御部 13 からの制御のもと、センサ素子を駆動して被検体内情報を取得し、これを無線送信部 15 に入力する。

【0183】

無線送信部 15 は、コイルアンテナなどで構成された送信用アンテナ 15a に接続されており、信号処理部 143 から入力された被検体内画像等の被検体内情報に送信用の基準周波数信号への重畳や変調やアップコンバートなどの種々の処理を実行した後、これを無線信号として送信用アンテナ 15a から外部装置 20 へ送信する。

40

【0184】

無線受信部 16 は、コイルアンテナなどで構成された受信用アンテナ 16a に接続されており、この受信用アンテナ 16a を介して外部装置 20 から無線信号として送信された各種操作指示等を受信し、受信した信号にフィルタリング、ダウンコンバート、復調および復号化などの種々の処理を実行した後、これを制御部 13 へ出力する。

【0185】

制御部 13 は、例えば CPU や MPU など構成され、無線受信部 16 を介して外部装置 20 から入力された各種操作指示等に基づいて不図示の記憶部から読み出したプログラムおよびパラメータを読み出して実行することで、カプセル内視鏡 10 内の各部を制御する。

50

【 0 1 8 6 】

メモリ部 1 2 は、例えば R A M や R O M など構成され、制御部 1 3 が各部を制御する際に実行するプログラムおよびパラメータを保持する。また、このメモリ部 1 2 には、被検体内情報取得部 1 4 で取得された被検体内画像などの被検体内情報が適宜格納される。

【 0 1 8 7 】

内部電源 1 7 は、例えば 1 次電池または 2 次電池であるボタン電池と、ボタン電池から出力された電力を昇圧等してカプセル内視鏡 1 0 内の各部へ供給する電源回路等を含み、カプセル内視鏡 1 0 内の各部に駆動電力を供給する。ただし、ボタン電池に限定されるものではない。

【 0 1 8 8 】

また、上記した各部 (1 1、1 3、1 4、1 5、1 5 a、1 6、1 6 a および 1 7) は、例えばカプセル型の筐体 1 8 内に収納される。例えば図 2 6 に示すように、筐体 1 8 は、一方の端が半球状のドーム形状をしており他方の端が開口された略円筒形状または半楕円球状の形状の容器 1 8 a と、半球形状を有し、容器 1 8 a の開口に嵌められることで筐体 1 8 内を封止するキャップ 1 8 b と、よりなる。この筐体 1 8 は、例えば被検体 9 0 0 が飲み込める程度の大きさである。また、本実施の形態では、少なくともキャップ 1 8 b が透明な材料で形成される。上述した光源 1 4 1 A は、上述の光源駆動回路 (不図示) を搭載する回路基板 1 4 1 B 上に実装される。同様に、撮像素子 1 4 2 a および対物レンズ 1 4 2 c は、撮像素子駆動回路 (不図示) を搭載する回路基板 (不図示) 上に実装される。光源 1 4 1 A を実装する回路基板 1 4 1 B および撮像素子 1 4 2 a を実装する回路基板は、筐体 1 8 内における透明なキャップ 1 8 b 側に配置される。この際、各回路基板における素子搭載面は、キャップ 1 8 b 側に向けられる。したがって、撮像素子 1 4 2 a および光源 1 4 1 A の撮像 / 照明方向は、図 2 6 に示すように、透明なキャップ 1 8 b を介してカプセル内視鏡 1 0 外へ向けられる。

【 符号の説明 】

【 0 1 8 9 】

- 1, 2 0 1 位置検出システム
- 1 0 カプセル内視鏡
- 1 4 A, 1 4 B 配線基板
- 2 0, 2 2 0 外部装置
- 2 1, 2 2 1 制御部
- 2 2 記憶部
- 2 3 操作入力部
- 2 4 表示部
- 2 5 無線受信部
- 2 6 無線送信部
- 3 0, 2 3 0 駆動コイル入力信号調整部
- 3 1, 3 1 a, 3 1 b 駆動信号生成部
- 3 2, 3 2 a, 3 2 b 電流検出部
- 4 0, 2 4 0 変換部
- 4 1, 2 4 1 A / D 変換部
- 4 2, 2 4 2 F F T 演算部
- 5 0, 2 5 0 位置検出部
- 5 1, 2 5 1 キャリブレーション演算部
- 5 2 メモリ
- 5 3, 2 5 3 位置情報演算部
- 2 5 4 a, 2 5 4 b 切替スイッチ
- 9 0 0 被検体
- D 1, D 2 磁界発生コイル
- S 1 ~ S 8 検出コイル

10

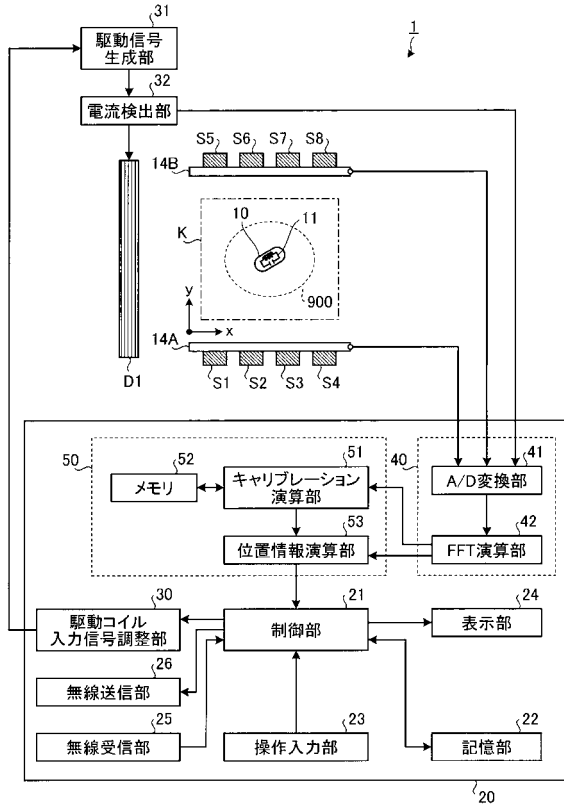
20

30

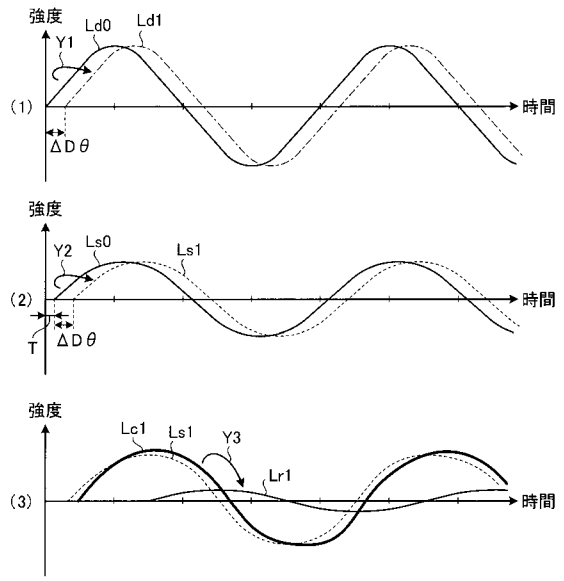
40

50

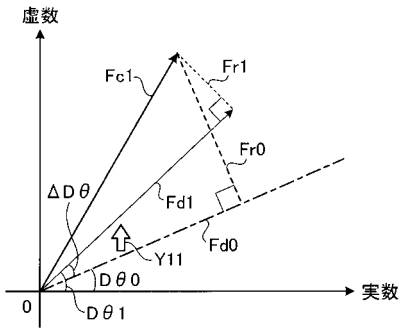
【図1】



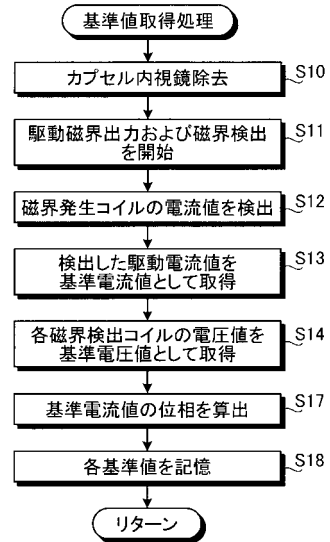
【図2】



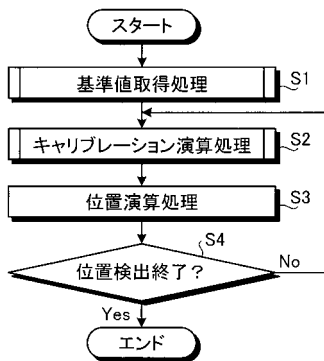
【図3】



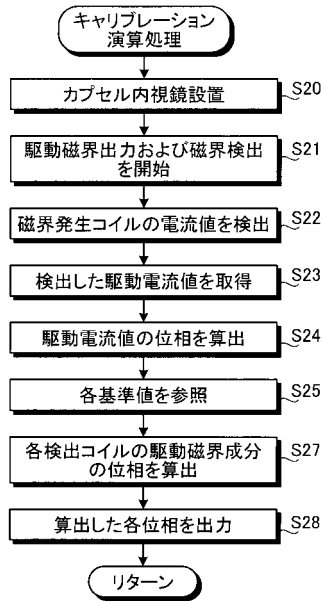
【図5】



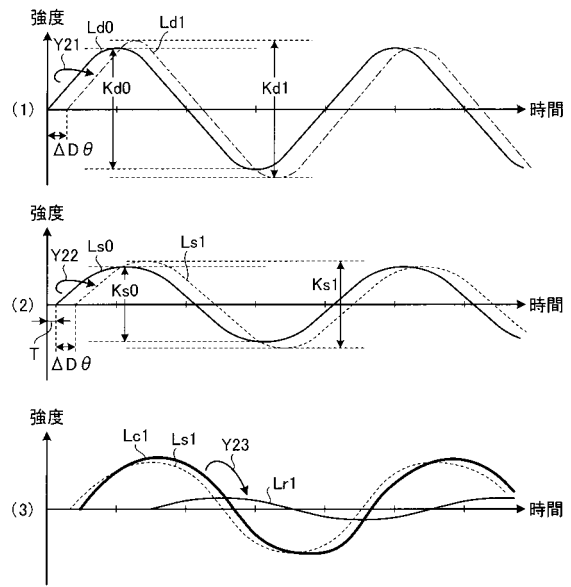
【図4】



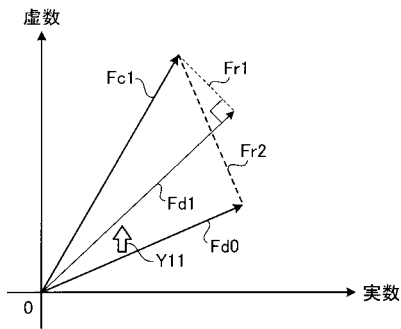
【 図 6 】



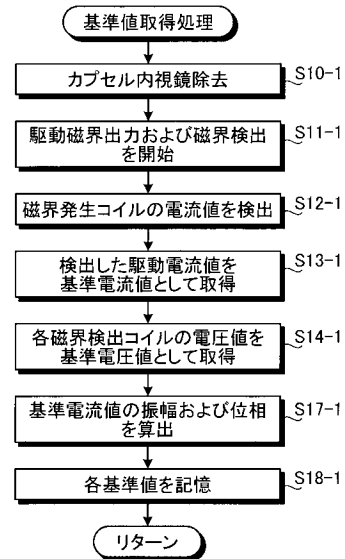
【 図 7 】



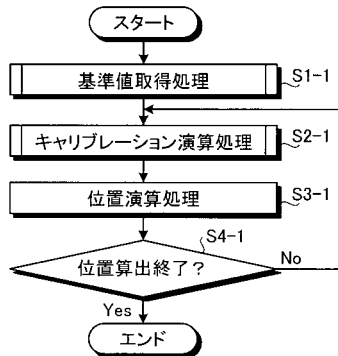
【 図 8 】



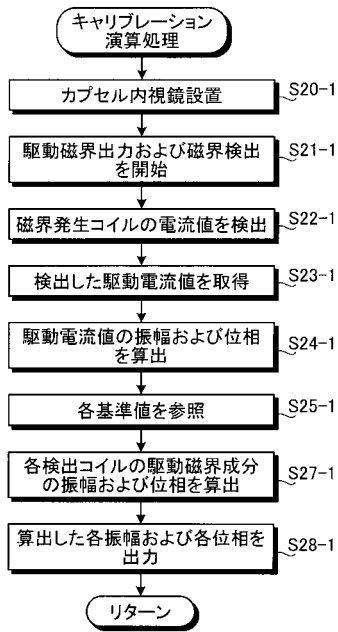
【 図 10 】



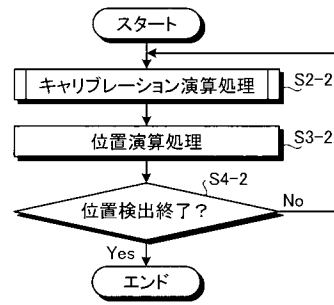
【 図 9 】



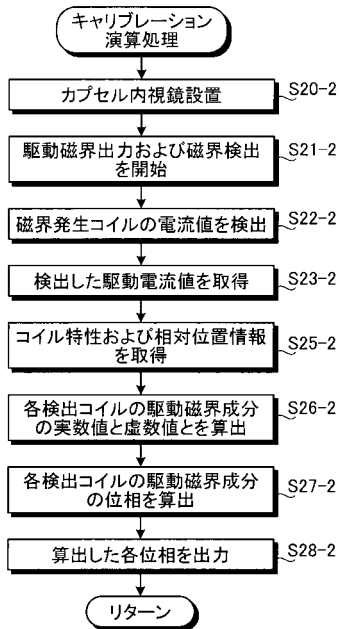
【図 1 1】



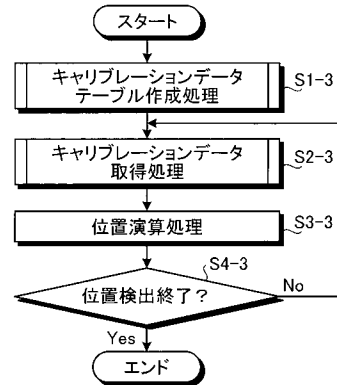
【図 1 2】



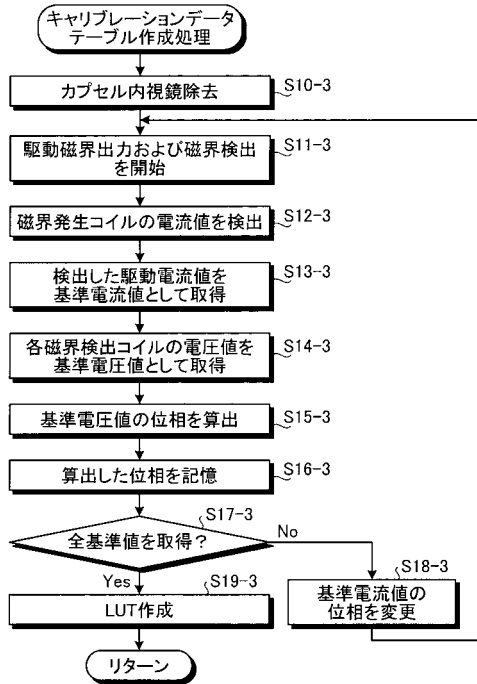
【図 1 3】



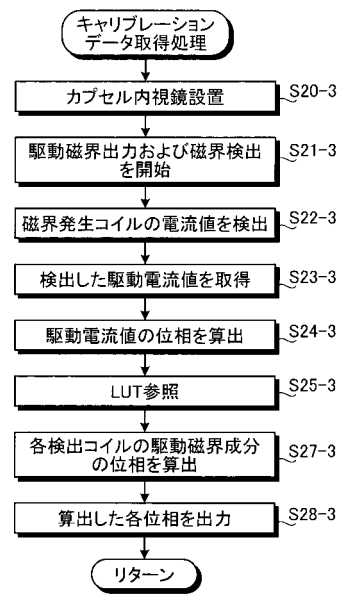
【図 1 4】



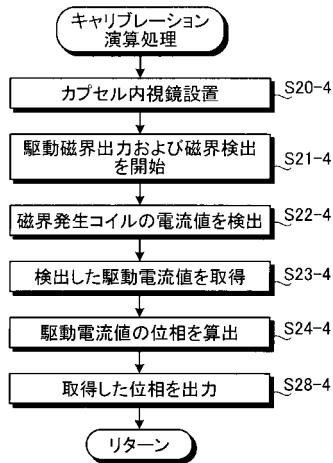
【図15】



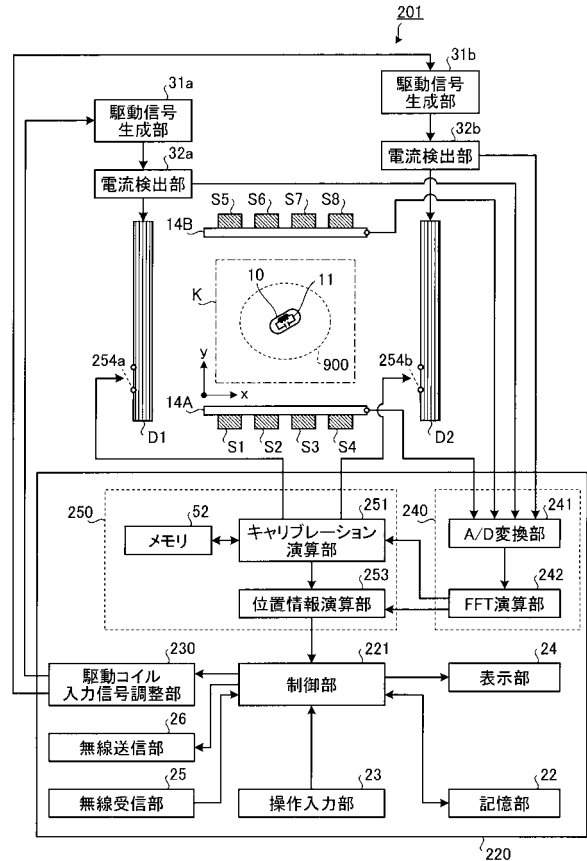
【図16】



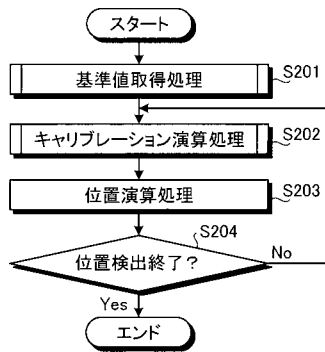
【図17】



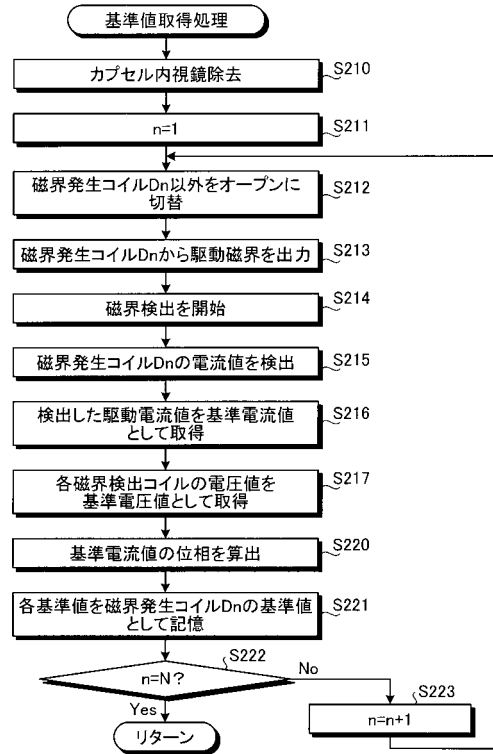
【図18】



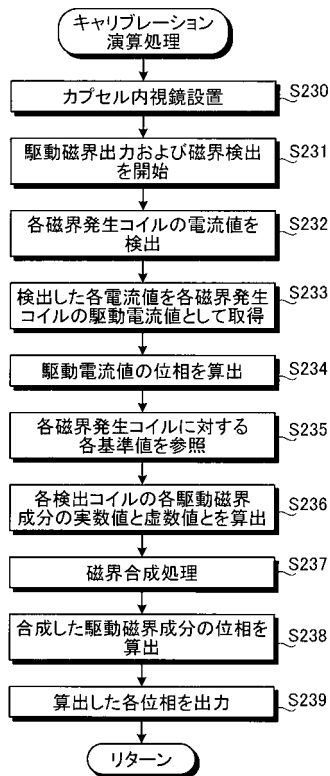
【図19】



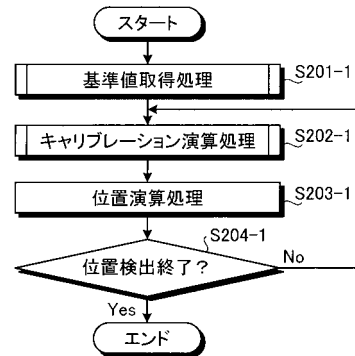
【図20】



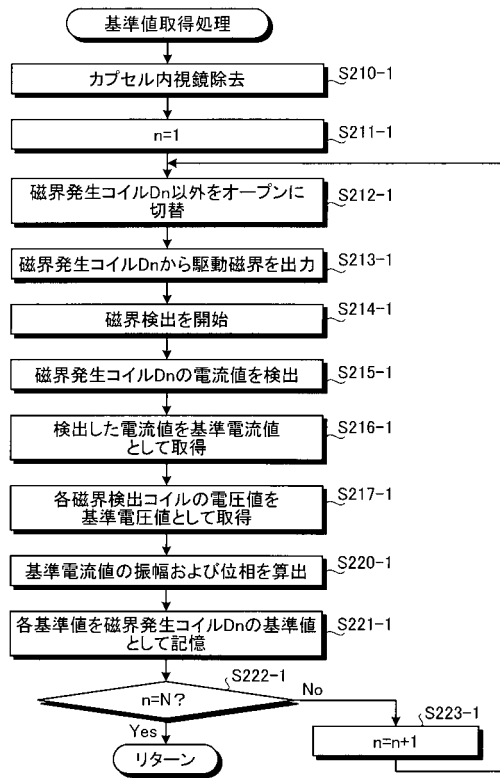
【図21】



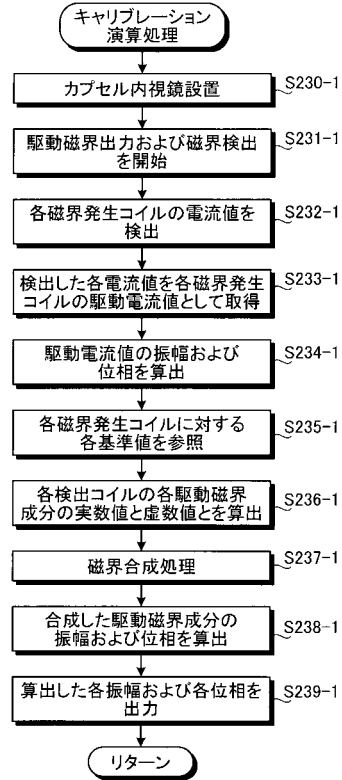
【図22】



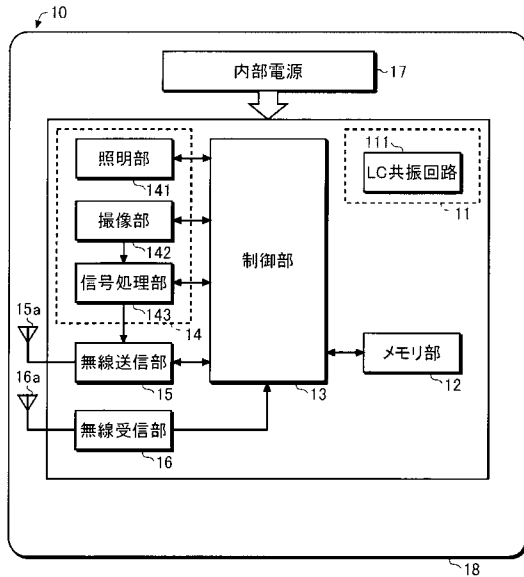
【図23】



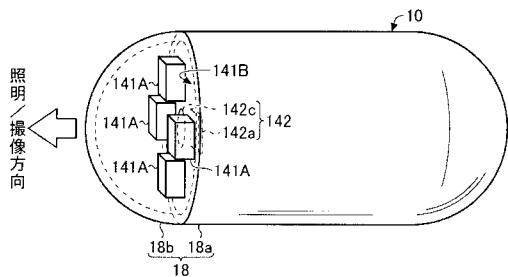
【図24】



【図25】



【図26】



フロントページの続き

- (56)参考文献 国際公開第2009/41524(WO,A1)
国際公開第2007/43458(WO,A1)
特開2008-79913(JP,A)
国際公開第2007/123217(WO,A1)
特開2009-226080(JP,A)
特開2009-39356(JP,A)
特開2007-175317(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 1/00

专利名称(译)	位置检测系统和操作位置检测系统的方法		
公开(公告)号	JP4961510B2	公开(公告)日	2012-06-27
申请号	JP2011534441	申请日	2011-01-13
[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	飯田隆広		
发明人	飯田 隆広		
IPC分类号	A61B1/00		
CPC分类号	A61B1/041 A61B1/00158 A61B5/062		
FI分类号	A61B1/00.320.Z A61B1/00.320.B		
代理人(译)	酒井宏明		
优先权	2010033664 2010-02-18 JP		
其他公开文献	JPWO2011102161A1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

根据本发明的位置检测系统1包括胶囊内窥镜10，胶囊内窥镜10设置在检测空间K中并根据形成在检测空间K中的驱动磁场产生共振磁场，检测线圈S1至S8，用于检测由胶囊内窥镜10根据驱动磁场和驱动磁场产生的共振磁场的组合磁场，检测线圈S1至S8中的磁场检测和同步基于由检测线圈S1至S8检测的合成磁场的检测值和由电流检测单元32检测的驱动电流的检测值。电流检测单元32检测流过磁场产生线圈D1的驱动电流，并且，位置检测单元50用于计算胶囊内窥镜10的位置和方向。

【 图 1 】

