

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02011/102161

発行日 平成25年6月17日 (2013.6.17)

(43) 国際公開日 平成23年8月25日 (2011.8.25)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
<b>A 6 1 B</b> 1/00 (2006.01)	A 6 1 B 1/00 3 2 0 Z	4 C 0 3 8
<b>A 6 1 B</b> 5/07 (2006.01)	A 6 1 B 1/00 3 2 0 B	4 C 1 6 1
	A 6 1 B 5/07	

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 53 頁)

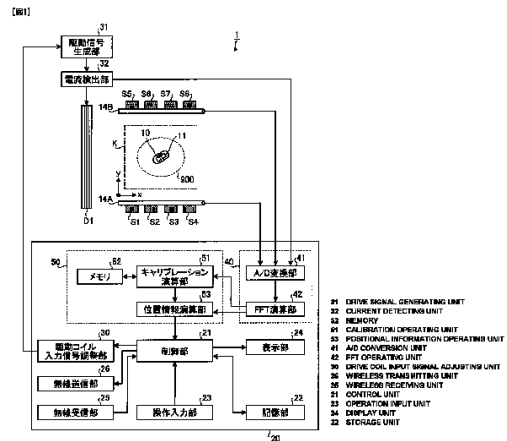
出願番号	特願2011-534441 (P2011-534441)	(71) 出願人	304050923 オリンパスメディカルシステムズ株式会社 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号
(21) 国際出願番号	PCT/JP2011/050402	(74) 代理人	100089118 弁理士 酒井 宏明
(22) 国際出願日	平成23年1月13日 (2011.1.13)	(72) 発明者	飯田 隆広 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オ リンパスメディカルシステムズ株式会社内
(11) 特許番号	特許第4961510号 (P4961510)	Fターム(参考)	4C038 CC03 CC07 CC09 4C161 CC06 DD07 FF15 GG28 JJ19 NN03 NN05 NN10 UU06 UU07 VV03 WW19
(45) 特許公報発行日	平成24年6月27日 (2012.6.27)		
(31) 優先権主張番号	特願2010-33664 (P2010-33664)		
(32) 優先日	平成22年2月18日 (2010.2.18)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		

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) 【要約】

本発明にかかる位置検出システム1は、検出空間内Kに配置され、検出空間K内に形成された駆動磁界に応じて共振磁界を発生するカプセル内視鏡10と、検出空間内に駆動磁界を発生する磁界発生コイルD1と、駆動磁界に応じてカプセル内視鏡10が発生する共振磁界と駆動磁界との合成磁界を検出する検出コイルS1~S8と、検出コイルS1~S8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S1~S8によって検出された合成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に基づいて、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を備える。



**【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、

を備えたことを特徴とする位置検出システム。

10

**【請求項 2】**

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請求項 1 に記載の位置検出システム。

20

**【請求項 3】**

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請求項 2 に記載の位置検出システム。

**【請求項 4】**

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 3 に記載の位置検出システム。

30

**【請求項 5】**

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 3 に記載の位置検出システム。

**【請求項 6】**

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請求項 2 に記載の位置検出システム。

40

**【請求項 7】**

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

50

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請求項 2 に記載の位置検出システム。

【請求項 8】

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 2 に記載の位置検出システム。

【請求項 9】

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請求項 1 に記載の位置検出システム。

【請求項 10】

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請求項 9 に記載の位置検出システム。

【請求項 11】

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請求項 10 に記載の位置検出システム。

【請求項 12】

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 10 に記載の位置検出システム。

【請求項 13】

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 9 に記載の位置検出システム。

【請求項 14】

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請求項 9 に記載の位置検出システム。

【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方法において、

10

20

30

40

50

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位置検出方法。

【請求項 16】

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請求項 15 に記載の位置検出方法。

【請求項 17】

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請求項 15 に記載の位置検出方法。

【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

10

20

30

40

50

## 【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。

10

## 【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。

20

## 【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。

30

## 【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。

40

## 【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

50

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っ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。

【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。

【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。

【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。

【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】

10

20

30

40

50

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。

【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。

10

【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。

【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。

40

【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。

【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

50

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】

【0027】

【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、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。

【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、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。

【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。

【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。

【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

10

20

30

40

50

る。

【図 2 4】図 2 4 は、図 2 2 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 5】図 2 5 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観図である。

【発明を実施するための形態】

【0028】

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

【0029】

(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。

20

【0030】

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 10 が導入された被検体 900 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 10 の位置および向き（姿勢）を検出する外部装置 20 と、を備える。

【0031】

カプセル内視鏡 10 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 11（図 1 参照）を有する。共振磁界発生部 11 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 10 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 10 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 20 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 20 に送信してもよい。

30

【0032】

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 14 A および 14 B とが配設される。また、配線基板 14 A は、例えばカプセル内視鏡 10 が導入された被検体 900 が載置される載置台（不図示）の下側に設置され、配線基板 14 B は、例えば検出空間 K の上側に配置される。

40

【0033】

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 10 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 10

50

の共振磁界発生部 11 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 S 1 ~ S 4 が検出空間 K の下側に配置された配線基板 14 A 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 S 5 ~ S 8 が検出空間 K の上側に配置された配線基板 14 B 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。

10

20

30

40

50

#### 【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 D 1 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 D 1 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 D 1 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。

## 【 0 0 3 8 】

表示部 2 4 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 1 0 の位置や向き等の情報やカプセル内視鏡 1 0 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 2 4 には、スピーカ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 2 4 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 1 0 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。

## 【 0 0 3 9 】

無線受信部 2 5 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 2 5 は、受信用アンテナを介してカプセル内視鏡 1 0 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 2 1 へ出力する。

10

## 【 0 0 4 0 】

無線送信部 2 6 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 2 6 は、制御部 2 1 から入力されたカプセル内視鏡 1 0 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 1 0 へ送信する。

20

## 【 0 0 4 1 】

磁界コイル入力信号調整部 3 0 は、制御部 2 1 から入力された制御信号に従って、カプセル内視鏡 1 0 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 3 1 へ出力する。

## 【 0 0 4 2 】

駆動信号生成部 3 1 は、磁界コイル入力信号調整部 3 0 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 D 1 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 D 1 は、カプセル内視鏡 1 0 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。

30

## 【 0 0 4 3 】

電流検出部 3 2 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 D 1 に流れる駆動電流を検出し、変換部 4 0 へ出力する。また、電流検出部 3 2 から出力された検出信号は、磁界発生コイル D 1 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 3 2 から出力された検出信号は、磁界発生コイル D 1 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。

## 【 0 0 4 4 】

変換部 4 0 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 4 0 は、電流検出部 3 2 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。

40

## 【 0 0 4 5 】

この変換部 4 0 は、例えば A / D 変換部 4 1 と FFT 演算部 4 2 とを含む。A / D 変換部 4 1 は、複数の検出コイル S および電流検出部 3 2 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 4 2 は、A / D 変換部 4 1 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 3 2 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

50

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におけるキャリアレーション演算部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におけるキャリアレーション演算部51に入力する。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。

10

#### 【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。

20

#### 【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。

30

#### 【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。

40

#### 【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

50

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2(2)の曲線Ls1に示すように、曲線Ls0と比較して、矢印Y2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D1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D1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D1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Lc1に示す合成磁界から、曲線Ls1に示す駆動磁界成分を分離して、曲線Lr1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Y3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D1が発生する駆動磁界を表す値として磁界発生コイルD1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D1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D1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D1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D1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、キャリアレーション演算部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、キャリアレーション演算部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D1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、キャリアレーション演算部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、キャリアレーション演算部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D1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D1による駆動磁界と、検

50

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 $90^\circ$ 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 $90^\circ$ の位相差を有するベクトル成分を抽出する必要がある。

10

【0059】

位置情報演算部53は、合成磁界 $F_c1$ から、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に対応する駆動磁界 $F_d1$ に対して $90^\circ$ 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ってカプセル内視鏡10の現在の位置や向きを導出する。

【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。

20

【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 $F_c$ 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う、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 $90^\circ$ 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に実際の共振磁界 $F_r1$ 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。

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、電流検出部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、電流検出部32の検出値に加え、この基準値を

50

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。

#### 【0064】

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。

10

#### 【0065】

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取得する基準値取得処理を行なう(ステップS1)。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D1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。

#### 【0066】

そして、位置検出システム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51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S2)。次いで、位置情報演算部53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S3)。この位置情報演算部53による位置および方向の演算結果は、制御部21に出力され、制御部21の制御のもと表示部24に出力される。

20

#### 【0067】

次いで、制御部21は、操作入力部23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S4)。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:No)、位置検出継続のため、ステップS2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: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。

30

#### 【0068】

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10が検出空間K内に位置しないように、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)。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行ない、これにともない検出コイルSも磁界検出を開始する(ステップS11)。

40

#### 【0069】

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S12)。なお、電流検出部32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基準電流値として取得する(ステップS

50

13)。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41において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。

10

#### 【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。

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。

50

## 【 0 0 7 5 】

まず、キャリアレーション演算部 5 1 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。

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

## 【 0 0 7 6 】

次いで、キャリアレーション演算部 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、キャリアレーション演算部 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。キャリアレーション演算部 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、キャリアレーション演算部 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。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 8 2 】

このため、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とともに、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振幅が、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 10 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。

10

## 【 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 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 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 10 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。

20

30

## 【 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 10 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 10 の現在の位置や向きを導出する。

40

## 【 0 0 8 6 】

従来では、検出空間 K 内にカプセル内視鏡 10 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

50

め、位置検出精度が悪化してしまうという問題があった。

【0087】

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 $F_{d0}$ ではなく、電流検出部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 $F_{c1}$ から共振磁界 $F_{r1}$ 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32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。

10

【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。

【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取得する基準値取得処理を行なう(ステップS1-1)。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D1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。

20

【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51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S2-1)。次いで、位置情報演算部53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(ステップS3-1)。この位置情報演算部53による位置および方向の演算結果は、制御部21に出力され、制御部21の制御のもと表示部24に出力される。

30

【0091】

そして、制御部21は、図4に示すステップS4と同様に、操作入力部23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S4-1)。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S4-1: No)、位置検出継続のため、ステップS2-1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S4-1: 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。

40

【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S10およびステップS11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S10-1)、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S11-1)。

【0093】

そして、図5のステップS12と同様に、電流検出部32は、各検出コイルSの磁界検

50

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が検出した磁界に対応する各電圧値も同様に、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 1 4 - 1）。

【0094】

そして、キャリブレーション演算部5 1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 1 7 - 1）。キャリブレーション演算部5 1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5 2に記憶させて（ステップS 1 8 - 1）、基準値取得処理を終了する。

10

【0095】

次に、図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11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10を検出空間K内に設置後（ステップS 2 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 2 1 - 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

【0096】

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 - 1）。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 - 1）。

【0097】

次いで、キャリブレーション演算部5 1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 2 4 - 1）。そして、キャリブレーション演算部5 1は、メモリ5 2内の各基準値を参照する（ステップS 2 5 - 1）。

30

【0098】

キャリブレーション演算部5 1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 2 7 - 1）。そして、キャリブレーション演算部5 1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5 3に出力する（ステップS 2 8 - 1）。位置情報演算部5 3は、合成磁界から、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。

40

【0099】

次に、ステップS 2 7 - 1およびステップS 2 8 - 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をD、基準電流値の振幅をDX、検出コイルS 1における基準電圧値の実数値をSR 1、検出コイルS 1における基準電圧値の虚数値をSI 1、電流検出部3 2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DX'とする。

【0100】

50

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、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、キャリブレーション演算部 5 1 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。

$$D X' / D X = K_x \quad \dots (4)$$

【 0 1 0 1 】

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  $D$  および ( 4 ) 式で求めた振幅比  $K_x$  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 ( 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  $K_x$  を乗じることによって、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。

$$S R 1' = K_x \times ( S R 1 \times \cos \quad - S I 1 \times \sin \quad ) \quad \dots (5)$$

$$S I 1' = K_x \times ( S R 1 \times \sin \quad + S I 1 \times \cos \quad ) \quad \dots (6)$$

【 0 1 0 2 】

そして、キャリブレーション演算部 5 1 は、( 5 ) 式および ( 6 ) 式を用いて求めた駆動電圧値の実数値  $D R 1'$  および虚数値  $D I 1'$  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 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振幅および位相を算出する。

【 0 1 0 3 】

このように、実施の形態 1 の変形例 1 では、図 9 ~ 図 1 1 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 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 0 4 】

( 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。

【 0 1 0 5 】

図 1 2 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 1 2 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。

【 0 1 0 6 】

図 1 2 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 5 1 によるキャリブレーション演算処理 ( ステップ  $S_2 - 2$  )、位置情報演算部 5 3 による位置演算処理 ( ステップ  $S_3 - 2$  )、および、制御部 2 1 による位置検出終了判断処理が行われる ( ステップ  $S_4 - 2$  )。なお、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  $S_4 - 2 : N o$  )、位置検出継続のため、ステップ  $S_2 - 2$  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  $S_4 - 2 : Y e s$  )、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。

【 0 1 0 7 】

10

20

30

40

50

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 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 - 2）、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 21 - 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 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 D 1 に流れる駆動電流の電流値を検出する（ステップ S 22 - 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 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 - 2）。

#### 【0109】

次に、キャリブレーション演算部 51 は、磁界発生コイル D 1 の特性、各磁界検出コイル S の特性、磁界発生コイル D 1 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 S 25 - 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、キャリブレーション演算部 51 は、取得した磁界発生コイル D 1 の特性、各磁界検出コイル S の特性、磁界発生コイル D 1 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 S 26 - 2）。

#### 【0110】

そして、キャリブレーション演算部 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 S 27 - 2）。なお、キャリブレーション演算部 51 は、ステップ S 27 - 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、キャリブレーション演算部 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 S 28 - 2）。位置情報演算部 53 は、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、または、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。

#### 【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 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 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。

#### 【0113】

この場合、制御部 21 は、実際に、磁界発生コイル D 1 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 D 1 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

10

20

30

40

50

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、キャリブレーション演算部51は、位置検出処理中に、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。

10

【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。

20

【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。

30

【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)。

40

【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)。

50

## 【 0 1 1 9 】

その後、制御部 2 1 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 S 1 7 - 3）。制御部 2 1 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 S 1 7 - 3 : N o）、磁界発生コイル D 1 に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。

10

## 【 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 : Y e s）、キャリアレーション演算部 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。

## 【 0 1 2 1 】

次に、図 1 4 に示すキャリア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 に示すキャリア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。

20

## 【 0 1 2 2 】

図 1 6 に示すように、キャリア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。

## 【 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、キャリアレーション演算部 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）。キャリアレーション演算部 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、キャリアレーション演算部 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）。キャリアレーション演算部 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）。キャリアレーション演算部 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）、キャリア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、キャリアレーション演算部 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

50

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。

【0126】

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 S 11 - 3 において位相とともに振幅も変えて磁界発生コイル D 1 による駆動磁界出力処理を行ない、ステップ S 15 - 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 S 19 - 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。

10

【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 S 24 - 3 においては、図 11 に示すステップ S 24 - 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 S 27 - 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 S 28 - 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 S 3 - 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。

20

【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 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。

30

【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 S 2 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 S 3 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 S 4 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。

40

【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 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 - 4)、磁界発生コイル D 1 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 S 21 - 4)。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 D 1 に流れる駆動電流の電流値を検出する (ステップ S 22 - 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 S 23 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 S 23 - 4)。次いで、キャリブレーション演算部 51 は、

50

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。

#### 【0133】

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10が発生する共振磁界を正確に分離できる。

10

#### 【0134】

(実施の形態2)

次に、実施の形態2について説明する。図18は、本実施の形態2による位置検出システム201の概略構成を示す模式図である。図18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201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D1, D2を備えるとともに、各磁界発生コイルD1, D2にそれぞれ対応する駆動信号生成部31a, 31bおよび電流検出部32a, 32bを備える。

#### 【0135】

そして、位置検出システム201は、図1に示す外部装置20に代えて、外部装置220を備える。外部装置220は、図1に示す制御部21に代えて制御部221を有し、図1に示す駆動コイル入力信号調整部30に代えて駆動コイル入力信号調整部230を有し、図1に示す変換部40に代えて変換部240を有し、図1に示す位置検出部50に代えて位置検出部250を有する。

20

#### 【0136】

制御部221は、外部装置220内の各部を制御する。駆動コイル入力信号調整部230は、磁界発生コイルD1, D2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31a, 31bは、駆動コイル入力信号調整部230からの制御に従って磁界発生コイルD1または磁界発生コイルD2に入力する駆動信号を生成する。変換部240は、A/D変換部41と同様に、複数の検出コイルSおよび電流検出部32a, 32bの各検出信号をA/D変換するA/D変換部241と、FFT演算部42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32a, 32b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242とを有する。位置検出部250は、電流検出部32a, 32b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251、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検出結果とキャリブレーション演算部251において算出された算出結果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253を有する。

30

#### 【0137】

さらに、各磁界発生コイルD1, D2には、それぞれ切替スイッチ254a, 254bが設けられている。切替スイッチ254aは、磁界発生コイルD1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254bは、磁界発生コイルD2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251は、各磁界発生コイルD1, D2の各基準値を取得する場合には、各切替スイッチ254a, 254b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。

40

#### 【0138】

この磁界発生コイルを複数有する位置検出システム201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D1, D2間の干渉の影響を除去して、

50

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。

【0139】

次に、位置検出システム201における位置検出処理について説明する。図19は、図18に示す位置検出システム201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。

【0140】

図19に示すように、位置検出システム201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取得する基準値取得処理を行なう(ステップS201)。このステップS201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251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S202)。次いで、位置情報演算部253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251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S203)。その後、図4のステップS4と同様に、制御部221による位置検出終了判断処理が行われる(ステップS204)。なお、制御部221は、位置検出処理を終了しないと判断した場合(ステップS204:No)、位置検出継続のため、ステップS202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221は、位置検出処理を終了すると判断した場合(ステップS204:Yes)、位置検出終了にともない、磁界発生コイルD1、D2、検出コイルS、変換部240および位置検出部250に対する制御処理も終了する。

10

20

【0141】

次に、図19に示す基準値取得処理について説明する。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。図20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S210)。まず、磁界発生コイルD1の基準値を取得するために、キャリブレーション演算部251は、磁界発生コイルD1、D2を識別する識別番号nを初期化し、 $n=1$ とする(ステップS211)。次いで、キャリブレーション演算部251は、磁界発生コイルDn以外をオープンに切り替える(ステップS212)。この場合、磁界発生コイルD1、D2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。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D1による駆動磁界のみとなる。

30

【0142】

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、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)、検出コイルSによる磁界検出を開始する(ステップS214)。次いで、電流検出部32a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S215)。電流検出部32aによって検出された駆動電流値は、変換部240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251において磁界発生コイルD1の基準電流値として取得される(ステップS216)。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240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251において、磁界発生コイルD1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S217)。

40

【0143】

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をもとに磁界発生コイルD1に対応する基準電流値の位相を算出する(ステッ

50

ブ 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。

#### 【 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)。

30

#### 【 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)。

#### 【 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

40

50

位相に対応する駆動磁界に対して $90^\circ$ 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。

【0149】

次に、ステップS237およびステップS238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 $D$ 、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 $D'$ 、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 $D'$ とする。

10

【0150】

ステップS236に対応する処理として、まず、キャリブレーション演算部251は、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 $D$ を以下の(11-1)式を用いることによって算出する。

$$D' - D = D \quad \dots (11-1)$$

【0151】

さらに、キャリブレーション演算部251は、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 $D$ を以下の(11-2)式を用いることによって算出する。

20

$$D' - D = D \quad \dots (11-2)$$

【0152】

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 $D$ と、磁界発生コイルD1に対応する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(12-1)式および(13-1)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 $D$ 分加算することによって、駆動電圧値の実数値 $DR1'$ および虚数値 $DI1'$ を算出する。

30

$$DR1' = (DR1 \times \cos D - DI1 \times \sin D) \quad \dots (12-1)$$

$$DI1' = (DR1 \times \sin D + DI1 \times \cos D) \quad \dots (13-1)$$

【0153】

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 $D$ と、磁界発生コイルD2に対応する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うち磁界発生コイルD2の駆動磁界成分に対応する駆動電圧値の実数値 $DR2'$ および虚数値 $DI2'$ を算出する。具体的には、以下の(12-2)式および(13-2)式を用いて、磁界発生コイルD2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 $DR2'$ および虚数値 $DI2'$ を算出する。

40

$$DR2' = (DR2 \times \cos D - DI2 \times \sin D) \quad \dots (12-2)$$

$$DI2' = (DR2 \times \sin D + DI2 \times \cos D) \quad \dots (13-2)$$

【0154】

次いで、ステップS237に対応する処理として、(12-1)式、(12-2)式、(13-1)式および(13-2)式によって算出された各磁界発生コイルD1, D2に対応する駆動磁界成分の実数値 $DR1'$ ,  $DR2'$ と虚数値 $DI1'$ ,  $DI2'$ と、以下

50

の(14-1)式および(14-2)式を用いて、磁界発生コイルD1, D2の駆動磁界成分を合成した駆動電圧値の実数値SR1虚数値SI1とを求める。

$$SR1 = DR1' + DR2' \quad \dots (14-1)$$

$$SI1 = DI1' + DI2' \quad \dots (14-2)$$

【0155】

そして、キャリアレーション演算部251は、磁界発生コイルD1, D2の各駆動磁界成分を合成した磁界を検出コイルS1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SR2'、虚数値SI2'をもとに、検出コイルS1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251は、検出コイルS2~S8についても同様にして、検出コイルS2~S8における各駆動電圧値の位相を算出する。

10

【0156】

位置検出システム201においては、図19~図21に示した各処理手順を行なうことによつて、磁界発生コイルD1, D2間の干渉の影響を除去して、各磁界発生コイルD1, D2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201においては、この各磁界発生コイルD1, D2にそれぞれ対応する各基準値と、各電流検出部32a, 32b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D1, D2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

【0157】

(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つて共振磁界を分離する場合について説明する。

【0158】

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22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によつて検出された駆動磁界の検出値と電流検出部32a, 32bによつ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S201-1)。このステップS201-1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251が、各検出コイルSによつ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S202-1)。次いで、位置情報演算部253は、各検出コイルSによつて検出された合成磁界から、キャリアレーション演算部251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によつ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S203-1)。その後、図4のステップS4と同様に、制御部221による位置検出終了判断処理が行われる(ステップS204-1)。なお、制御部221は、位置検出処理を終了しないと判断した場合(ステップS204-1: No)、位置検出継続のため、ステップS202-1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221は、位置検出処理を終了すると判断した場合(ステップS204-1: Yes)、位置検出終了にともない、磁界発生コイルD1, D2、検出コイルS、変換部240および位置検出部250に対する制御処理も終了する。

30

40

【0159】

次に、図22に示す基準値取得処理について説明する。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23に示すように、検出体であるカ

50

プセル内視鏡10を検出空間K内から除去する(ステップS210-1)。まず、磁界発生コイルD1の基準値を取得するために、キャリブレーション演算部251は、図20のステップS211と同様に、識別番号nを初期化し、 $n = 1$ とし(ステップS211-1)、磁界発生コイルDn以外をオープンに切り替える(ステップS212-1)。キャリ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。

20

#### 【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。

30

#### 【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)。

40

#### 【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)。

#### 【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)。

50

【 0 1 6 6 】

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振幅および位相と、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 - 1)。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 - 1)、ステップ S 2 3 7 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 S 2 3 8 - 1)。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 の駆動磁界成分の振幅および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 - 1)。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 1 0 の現在の位置や向きを導出する。

10

【 0 1 6 7 】

次に、ステップ S 2 3 7 - 1 およびステップ S 2 3 8 - 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 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 、基準電流値の振幅のうち磁界発生コイル D 1 に対応する振幅を D X、磁界発生コイル D 2 に対応する振幅を D Y、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 D R 1、虚数値を D I 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 D R 2、虚数値 D I 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 ´、振幅を D X ´、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 ´、振幅を D Y ´とする。

20

【 0 1 6 8 】

ステップ S 2 3 6 - 1 に対応する処理として、キャリブレーション演算部 2 5 1 は、実施の形態 2 と同様に、上記 ( 1 1 - 1 ) 式および ( 1 1 - 2 ) 式を用いて、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 、および、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 、を算出する。

30

【 0 1 6 9 】

次いで、キャリブレーション演算部 2 5 1 は、以下の ( 1 5 - 1 ) 式を用いて、磁界発生コイル D 1 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 K x を算出する。次いで、キャリブレーション演算部 2 5 1 は、以下の ( 1 5 - 2 ) 式を用いて、磁界発生コイル D 2 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 K y を算出する。

$$D X ´ / D X = K x \quad \dots ( 1 5 - 1 )$$

$$D Y ´ / D Y = K y \quad \dots ( 1 5 - 2 )$$

40

【 0 1 7 0 】

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 、( 1 5 - 1 ) 式で求めた振幅比 K x、および磁界発生コイル D 1 に対応する基準電圧値を用いて、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 D R 1 ´ および虚数値 D I 1 ´ を算出する。具体的には、以下の ( 1 6 - 1 ) 式および ( 1 7 - 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 分加算した後、振幅比 K x を乗じることによって、駆動電圧値の実数値 D R 1 ´ および虚数値 D I 1 ´ を算出する。

$$D R 1 ´ = K x \times ( D R 1 \times \cos \quad - D I 1 \times \sin \quad ) \quad \dots ( 1 6 - 1 )$$

$$D I 1 ´ = K x \times ( D R 1 \times \sin \quad + D I 1 \times \cos \quad )$$

50

・・・(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  $K_y$ 、および磁界発生コイル  $D_2$  に対応する基準電圧値を用いて、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(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  $K_y$  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。

$$DR_2' = K_y \times (DR_2 \times \cos \quad - DI_2 \times \sin \quad) \quad \dots (16-2)$$

10

$$DI_2' = K_y \times (DR_2 \times \sin \quad + DI_2 \times \cos \quad) \quad \dots (17-2)$$

【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。

$$SR_1 = DR_1' + DR_2' \quad \dots (18-1)$$

20

$$SI_1 = DI_1' + DI_2' \quad \dots (18-2)$$

【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  $S_2 \sim S_8$  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。

30

【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。

40

【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

50

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 15 a 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 および受信アンテナ 16 a 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 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。

10

【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 142 a と、撮像素子 142 a の受光面側に配設された対物レンズ 142 c と、撮像素子 142 a 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。

【0179】

図 26 に示すように、撮像素子 142 a 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 142 a 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 142 a 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。

20

【0180】

また、図 26 に示すように、照明部 141 は、複数の光源 141 A と、各光源 141 A を駆動する不図示の光源駆動回路と、を有する。各光源 141 A 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 141 A を駆動することで、被検体 900 内を照明する。

【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。

30

【0182】

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。

40

【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 15 a 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 15 a から外部装置 20 へ送信する。

【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アンテナ 16 a に接続されており、この受信アンテナ 16 a 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】

50

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。

【0186】

メモリ部 12 は、例えば RAM や ROM など構成され、制御部 13 が各部を制御する際に行う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 12 には、被検体内情報取得部 14 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。

【0187】

内部電源 17 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 10 内の各部へ供給する電源回路等を含み、カプセル内視鏡 10 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。

【0188】

また、上記した各部 (11、13、14、15、15a、16、16a および 17) は、例えばカプセル型の筐体 18 内に収納される。例えば図 26 に示すように、筐体 18 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 18a と、半球形状を有し、容器 18a の開口に嵌められることで筐体 18 内を封止するキャップ 18b と、よりなる。この筐体 18 は、例えば被検体 900 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 18b が透明な材料で形成される。上述した光源 141A は、上述の光源駆動回路 (不図示) を搭載する回路基板 141B 上に実装される。同様に、撮像素子 142a および対物レンズ 142c 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 141A を実装する回路基板 141B および撮像素子 142a を実装する回路基板は、筐体 18 内における透明なキャップ 18b 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 18b 側に向けられる。したがって、撮像素子 142a および光源 141A の撮像/照明方向は、図 26 に示すように、透明なキャップ 18b を介してカプセル内視鏡 10 外へ向けられる。

【符号の説明】

【0189】

- 1, 201 位置検出システム
- 10 カプセル内視鏡
- 14A, 14B 配線基板
- 20, 220 外部装置
- 21, 221 制御部
- 22 記憶部
- 23 操作入力部
- 24 表示部
- 25 無線受信部
- 26 無線送信部
- 30, 230 駆動コイル入力信号調整部
- 31, 31a, 31b 駆動信号生成部
- 32, 32a, 32b 電流検出部
- 40, 240 変換部
- 41, 241 A/D 変換部
- 42, 242 FFT 演算部
- 50, 250 位置検出部
- 51, 251 キャリブレーション演算部
- 52 メモリ
- 53, 253 位置情報演算部

10

20

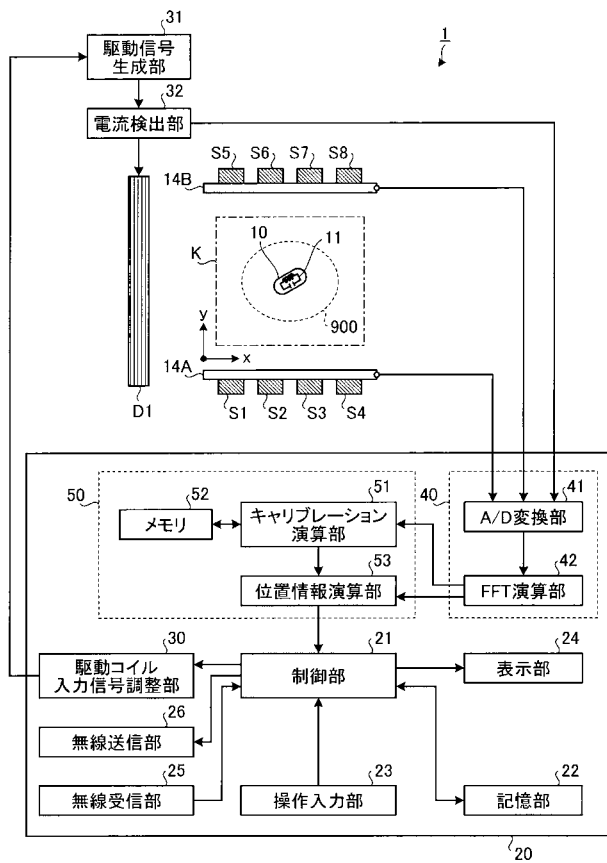
30

40

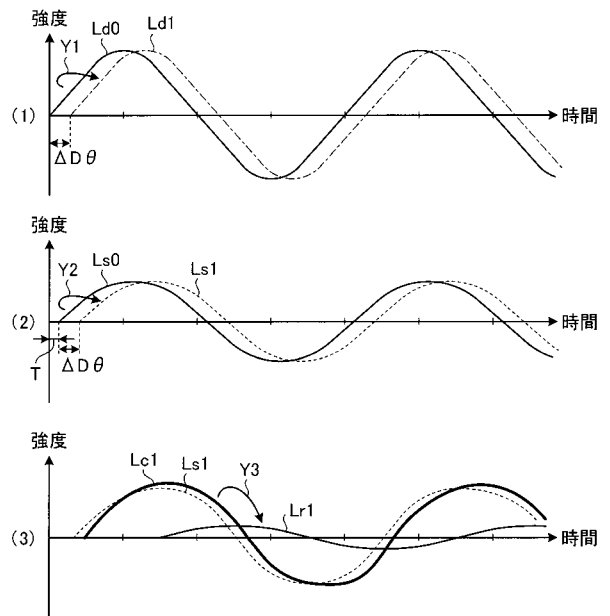
50

254a, 254b 切替スイッチ  
900 被検体  
D1, D2 磁界発生コイル  
S1 ~ S8 検出コイル

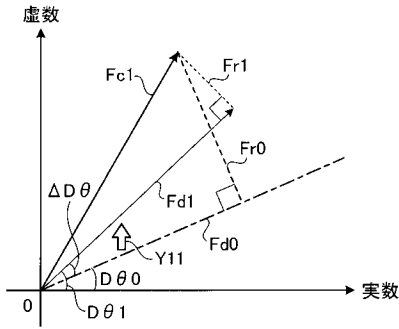
【図1】



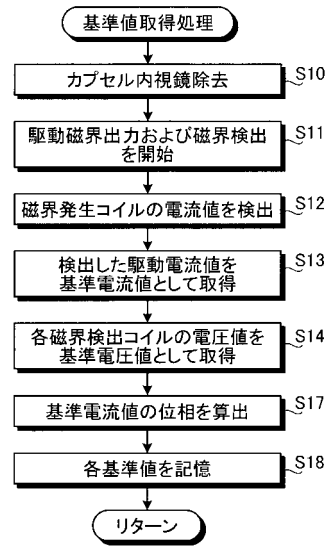
【図2】



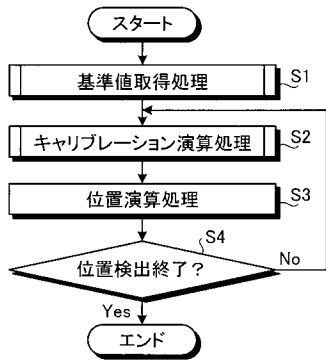
【 図 3 】



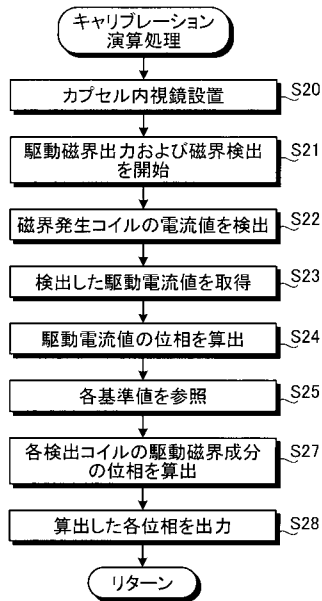
【 図 5 】



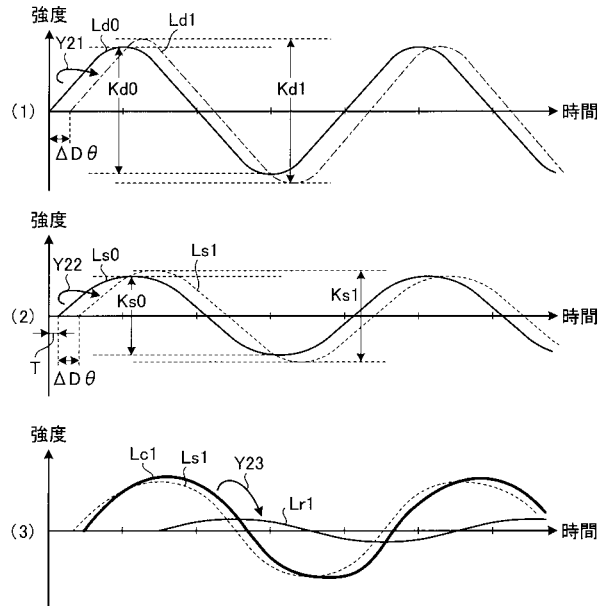
【 図 4 】



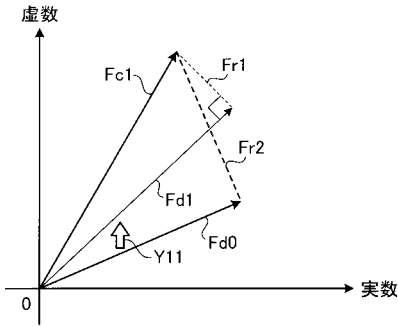
【 図 6 】



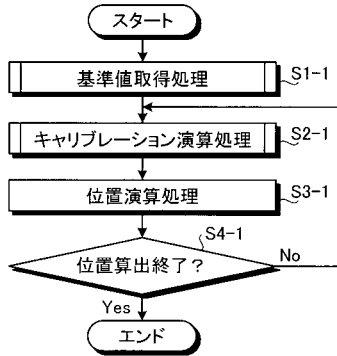
【 図 7 】



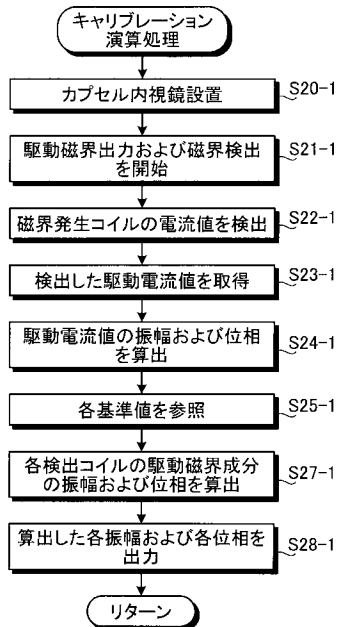
【 図 8 】



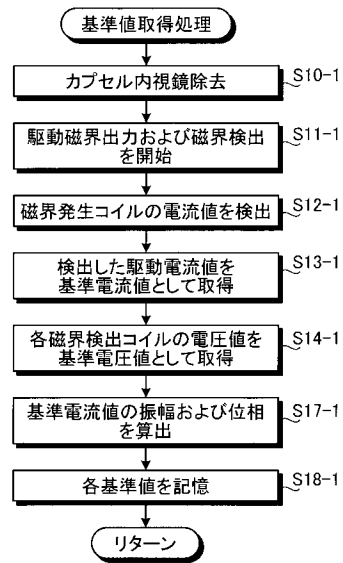
【 図 9 】



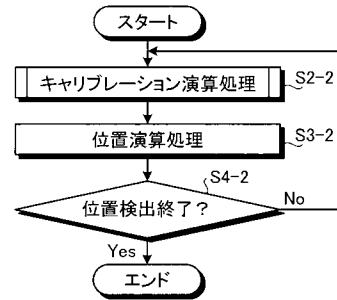
【 図 1 1 】



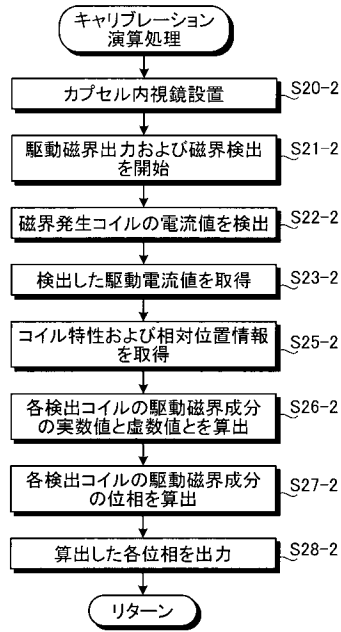
【 図 1 0 】



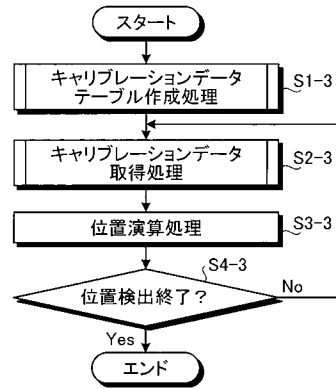
【 図 1 2 】



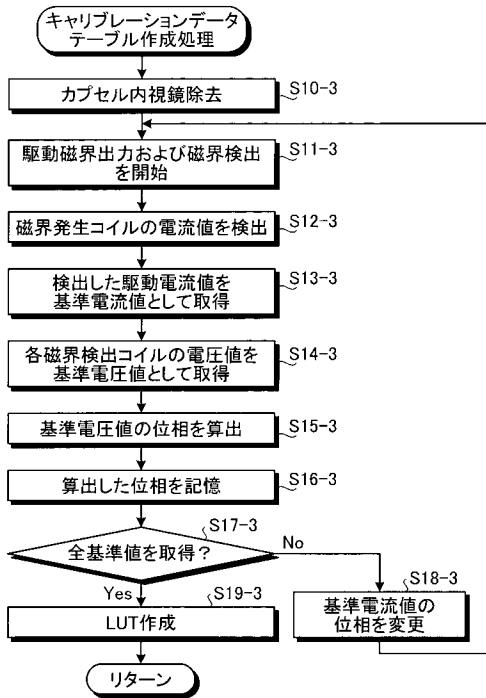
【 図 1 3 】



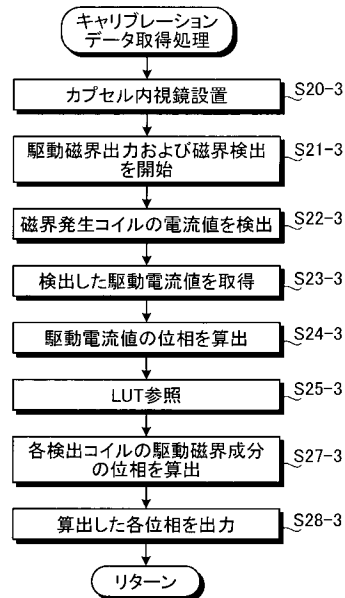
【 図 1 4 】



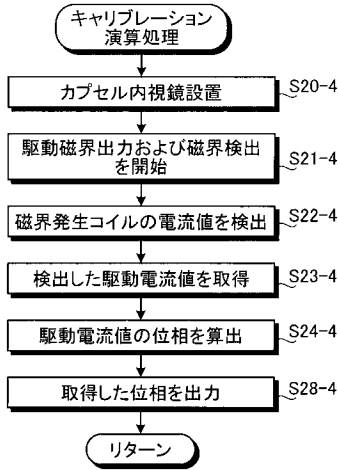
【 図 1 5 】



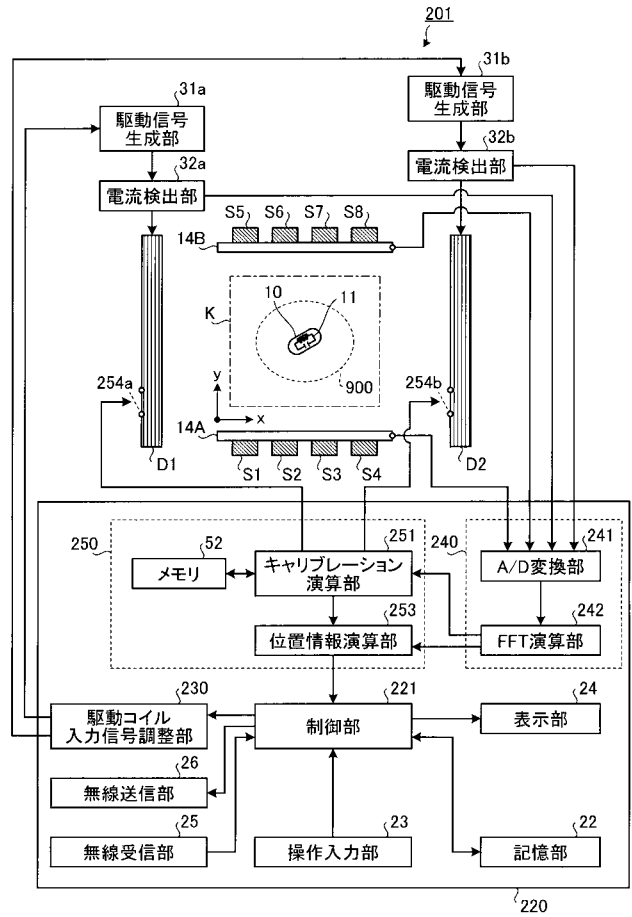
【 図 1 6 】



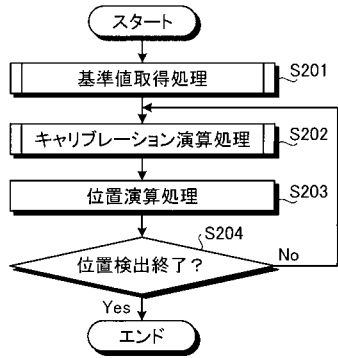
【 図 1 7 】



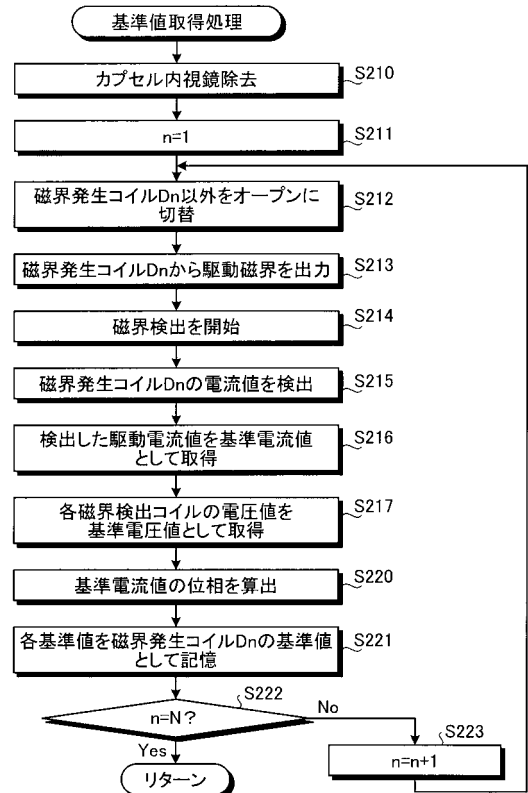
【 図 1 8 】



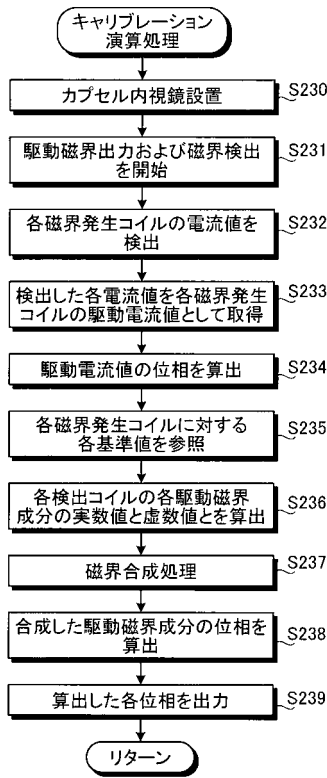
【 図 1 9 】



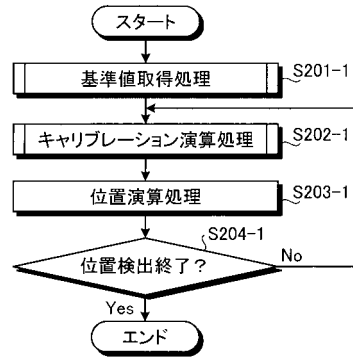
【 図 2 0 】



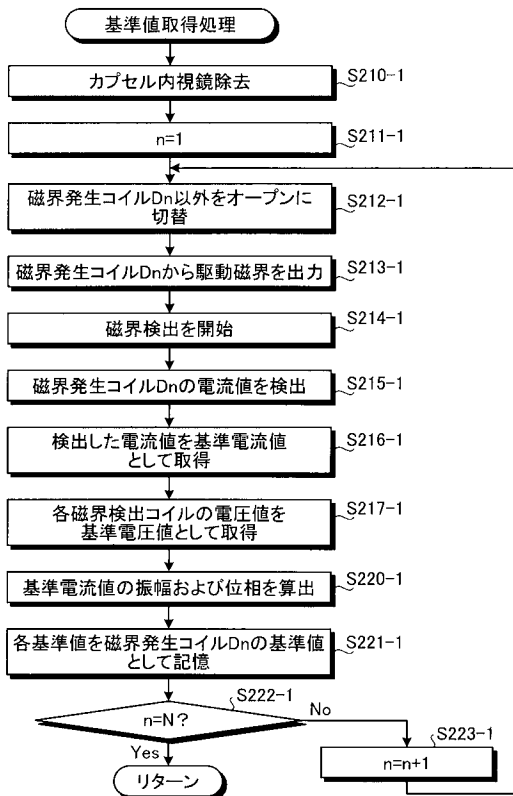
【 図 2 1 】



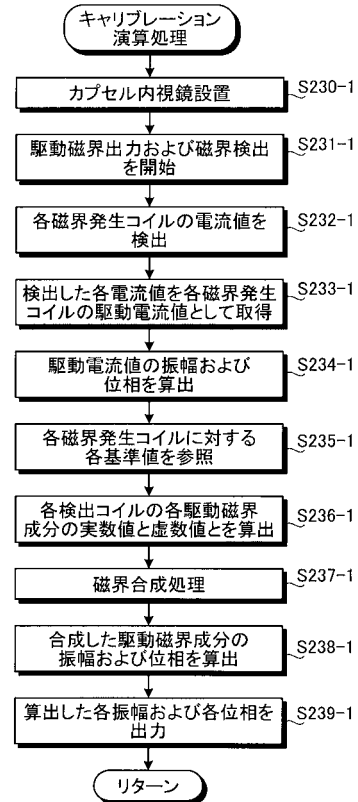
【 図 2 2 】



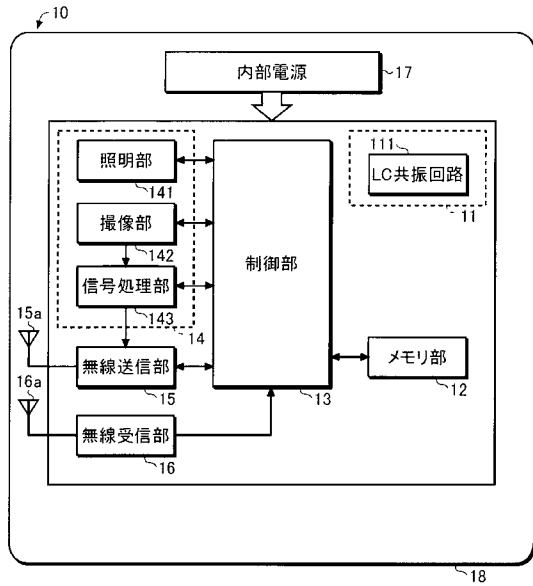
【 図 2 3 】



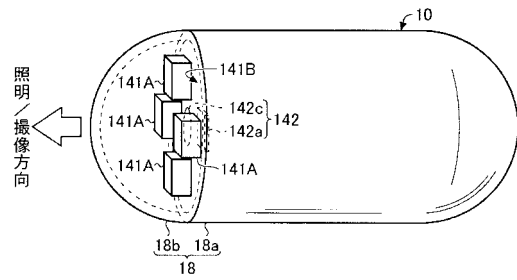
【 図 2 4 】



【図 2 5】



【図 2 6】



【手続補正書】

【提出日】平成23年8月11日(2011.8.11)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【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。

【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。

【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。

【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。

【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、

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、

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。

【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、

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、

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し、

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検出し、

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算出し、

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算出する、

ことを含み、

前記位置および方向の算出は、検出された前記合成磁界から、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含むことを特徴とする位置検出方法。

【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し、

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検出し、

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算出し、

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算出する、

ことを含み、

前記位置および方向の算出は、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、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含むことを特徴とする位置検出方法。

【手続補正書】

【提出日】平成24年1月5日(2012.1.5)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【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。

【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。

【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。

【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。

【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、  
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、  
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。

【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、  
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、

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、

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

Δ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。

## 【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2011/050402
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> A61B1/00(2006.01) i  According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) A61B1/00  Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2011 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2011 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2011  Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2007/123217 A1 (Olympus Medical Systems Corp.), 01 November 2007 (01.11.2007), paragraph [0028]; fig. 1 & US 2009/93678 A1 & EP 2016897 A1	1-5, 7-12, 14-17
Y	JP 2009-226080 A (Olympus Medical Systems Corp.), 08 October 2009 (08.10.2009), paragraphs [0003], [0039], [0186]; fig. 1 & US 2009/237073 A1 & EP 2105085 A1	1-5, 7-12, 14-17
Y	JP 2009-39356 A (Olympus Medical Systems Corp.), 26 February 2009 (26.02.2009), paragraph [0164]; fig. 14 & US 2010/204566 A1 & EP 2177148 A1	1-5, 7-12, 14-17
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 18 February, 2011 (18.02.11)		Date of mailing of the international search report 01 March, 2011 (01.03.11)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/050402

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2008-79913 A (Olympus Medical Systems Corp.), 10 April 2008 (10.04.2008), paragraphs [0004], [0028] to [0031] & US 2010/60472 A1 & EP 2070464 A1	1-17
A	JP 2007-175317 A (Olympus Corp.), 12 July 2007 (12.07.2007), paragraphs [0007], [0008] & US 2010/219825 A1 & EP 1967137 A1	1-17
A	WO 2007/043458 A1 (Olympus Corp.), 19 April 2007 (19.04.2007), abstract; paragraph [0008] & US 2009/295386 A1 & EP 1932463 A1	1-17
A	WO 2009/041524 A1 (Olympus Medical Systems Corp.), 02 April 2009 (02.04.2009), carrying-out mode 2 & US 2010/179782 A1 & EP 2191769 A1	1-17

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP2011/050402									
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. A61B1/00(2006.01)i											
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. A61B1/00											
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2011年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2011年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2011年</td> </tr> </table>				日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2011年	日本国実用新案登録公報	1996-2011年	日本国登録実用新案公報	1994-2011年
日本国実用新案公報	1922-1996年										
日本国公開実用新案公報	1971-2011年										
日本国実用新案登録公報	1996-2011年										
日本国登録実用新案公報	1994-2011年										
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)											
C. 関連すると認められる文献											
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号									
Y	WO 2007/123217 A1 (オリンパスメディカルシステムズ株式会社) 2007.11.01, 段落【0028】、【図1】 & US 2009/93678 A1 & EP 2016897 A1	1-5, 7-12, 14-17									
Y	JP 2009-226080 A (オリンパスメディカルシステムズ株式会社) 2009.10.08, 段落【0003】、【0039】、【0186】、【図1】 & US 2009/237073 A1 & EP 2105085 A1	1-5, 7-12, 14-17									
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。		<input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。									
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願		の日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献									
国際調査を完了した日 18.02.2011		国際調査報告の発送日 01.03.2011									
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 小田倉 直人	2Q 9163								
		電話番号 03-3581-1101	内線 3292								

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 1 / 0 5 0 4 0 2
C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2009-39356 A (オリンパスメディカルシステムズ株式会社) 2009.02.26, 段落【0164】、【図14】 & US 2010/204566 A1 & EP 2177148 A1	1-5, 7-12, 14-17
A	JP 2008-79913 A (オリンパスメディカルシステムズ株式会社) 2008.04.10, 段落【0004】、【0028】 - 【0031】 & US 2010/60472 A1 & EP 2070464 A1	1-17
A	JP 2007-175317 A (オリンパス株式会社) 2007.07.12, 段落【0007】、【0008】 & US 2010/219825 A1 & EP 1967137 A1	1-17
A	WO 2007/043458 A1 (オリンパス株式会社) 2007.04.19, 【要約】、段落【0008】 & US 2009/295386 A1 & EP 1932463 A1	1-17
A	WO 2009/041524 A1 (オリンパスメディカルシステムズ株式会社) 2009.04.02, 実施の形態2 & US 2010/179782 A1 & EP 2191769 A1	1-17

---

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(注) この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。

专利名称(译)	位置检测系统和操作位置检测系统的方法		
公开(公告)号	<a href="#">JPWO2011102161A1</a>	公开(公告)日	2013-06-17
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		
[标]发明人	飯田隆広		
发明人	飯田 隆広		
IPC分类号	A61B1/00 A61B5/07		
CPC分类号	A61B1/041 A61B1/00158 A61B5/062		
FI分类号	A61B1/00.320.Z A61B1/00.320.B A61B5/07		
F-TERM分类号	4C038/CC03 4C038/CC07 4C038/CC09 4C161/CC06 4C161/DD07 4C161/FF15 4C161/GG28 4C161/JJ19 4C161/NN03 4C161/NN05 4C161/NN10 4C161/UU06 4C161/UU07 4C161/VV03 4C161/WW19		
代理人(译)	酒井宏明		
优先权	2010033664 2010-02-18 JP		
其他公开文献	JP4961510B2		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

根据本发明的位置检测系统1被布置在检测空间K中，并且胶囊内窥镜10根据在检测空间K中形成的驱动磁场和在检测空间中的驱动磁场产生共振磁场。产生的磁场产生线圈D1，用于检测由胶囊内窥镜10根据驱动磁场产生的共振磁场和驱动磁场的合成磁场的检测线圈S1~S8，以及在检测线圈S1~S8中进行磁场检测和同步。然后，基于电流检测单元32，该电流检测单元32检测流过磁场产生线圈D1的驱动电流，检测线圈S1至S8检测到的合成磁场的检测值以及电流检测单元32检测到的驱动电流的检测值。另外，设有计算胶囊型内窥镜10的位置和方向的位置检测器50。

