

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5385034号
(P5385034)

(45) 発行日 平成26年1月8日(2014.1.8)

(24) 登録日 平成25年10月11日(2013.10.11)

(51) Int.Cl. F I
A 6 1 B 1/00 (2006.01) A 6 1 B 1/00 3 2 O Z
A 6 1 B 5/07 (2006.01) A 6 1 B 1/00 3 2 O B
 A 6 1 B 5/07

請求項の数 14 (全 44 頁)

(21) 出願番号	特願2009-162268 (P2009-162268)	(73) 特許権者	304050923 オリンパスメディカルシステムズ株式会社 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
(22) 出願日	平成21年7月8日(2009.7.8)	(74) 代理人	100089118 弁理士 酒井 宏明
(65) 公開番号	特開2010-17553 (P2010-17553A)	(72) 発明者	河野 宏尚 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オ リンパスメディカルシステムズ株式会社内
(43) 公開日	平成22年1月28日(2010.1.28)	(72) 発明者	千葉 淳 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オ リンパスメディカルシステムズ株式会社内
審査請求日	平成24年4月10日(2012.4.10)	審査官	大塚 裕一
(31) 優先権主張番号	61/078, 830		
(32) 優先日	平成20年7月8日(2008.7.8)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】誘導システムおよび誘導方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

カプセル型の筐体内に固定された永久磁石を備え、被検体内に導入されるカプセル型装置と、

所定軸と前記被検体との相対位置を変化させる相対位置制御機構と、

前記所定軸に前記永久磁石を引き付ける拘束磁界成分を前記被検体が配置された空間に形成する第1磁界発生機構と、

前記相対位置を変化させる方向と同じまたは反対の方向に前記永久磁石を付勢する勾配磁界成分を前記被検体が配置された空間に形成する第2磁界発生機構と、

前記相対位置が変化している時に前記第1磁界発生機構および前記第2磁界発生機構を制御して前記拘束磁界成分および前記勾配磁界成分をそれぞれ形成させるとともに、前記相対位置が変化していない時に前記第1磁界発生機構を制御して前記拘束磁界成分を形成させる制御部と、

を備え、

前記制御部は、

前記相対位置制御機構を駆動するための駆動信号を算出し、前記所定軸が前記カプセル型装置に対して動かされた時、加速された時、または減速された時に、前記被検体内において前記カプセル型装置が浮いている液体が前記カプセル型装置に与える力によって前記カプセル型装置が前記所定軸から外れることを抑制する前記勾配磁界成分を前記第2磁界発生機構に形成させるための勾配信号を前記駆動信号に基づいて算出することを特徴とす

10

20

る誘導システム。

【請求項 2】

カプセル型の筐体内に固定された永久磁石を備え、被検体内に導入されるカプセル型装置と、

所定軸と前記被検体との相対位置を変化させる相対位置制御機構と、

前記所定軸に前記永久磁石を引き付ける拘束磁界成分を前記被検体が配置された空間に形成する第 1 磁界発生機構と、

前記相対位置を変化させる方向と同じまたは反対の方向に前記永久磁石を付勢する勾配磁界成分を前記被検体が配置された空間に形成する第 2 磁界発生機構と、

前記第 1 磁界発生機構を制御して前記拘束磁界成分を形成させるとともに、前記所定軸が前記カプセル型装置に対して動かされた時、加速された時、または減速された時に、前記第 1 磁界発生機構にて形成された前記拘束磁界成分に加えて、前記第 2 磁界発生機構を制御して前記勾配磁界成分を形成させる制御部と、

を備え、

前記制御部は、

前記相対位置制御機構を駆動するための駆動信号を算出し、前記所定軸が前記カプセル型装置に対して動かされた時、加速された時、または減速された時に、慣性力、前記被検体内において前記カプセル型装置が浮いている液体の波返しに起因する力、および前記カプセル型装置と前記液体との間の摩擦力の少なくともいずれかを打ち消す前記勾配磁界成分を前記第 2 磁界発生機構に形成させるための勾配信号を前記駆動信号に基づいて算出し

、

前記第 2 磁界発生機構は、

前記勾配信号に基づいて前記勾配磁界成分を形成し、前記カプセル型装置が前記所定軸から外れることを抑制することを特徴とする誘導システム。

【請求項 3】

前記勾配磁界成分は、前記相対位置を変化させる方向と逆方向に前記永久磁石を付勢することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の誘導システム。

【請求項 4】

前記第 2 磁界発生機構は、前記相対位置制御機構が前記相対位置の変化速度を加速しているときに前記勾配磁界成分を前記空間に形成することを特徴とする請求項 3 に記載の誘導システム。

【請求項 5】

前記勾配磁界成分は、前記相対位置を変化させる方向と同じ方向に前記永久磁石を付勢することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の誘導システム。

【請求項 6】

前記第 2 磁界発生機構は、前記相対位置制御機構が前記相対位置の変化速度を減速しているときに前記勾配磁界成分を前記空間に形成することを特徴とする請求項 5 に記載の誘導システム。

【請求項 7】

前記第 1 磁界発生機構は、中心軸が前記所定軸と一致する Z 軸コイルと、中心軸が前記所定軸と垂直で且つ互いに直交する X 軸コイルおよび Y 軸コイルと、を含む拘束磁界発生コイルを含み、

前記相対位置制御機構は、前記所定軸と垂直な方向に前記相対位置を変化させることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の誘導システム。

【請求項 8】

前記第 2 磁界発生機構は、前記所定軸上で該所定軸と略垂直な向きの磁界を形成する 1 組の X 軸勾配コイルと、前記所定軸上で該所定軸と略垂直で且つ前記 1 組の X 軸勾配コイルが形成する前記磁界と略垂直な磁界を形成する 1 組の Y 軸勾配コイルと、を含む勾配磁界発生コイルを含み、

前記相対位置制御機構は、前記所定軸と垂直な方向に前記相対位置を変化させ、

10

20

30

40

50

前記第2磁界発生機構は、前記1組のX軸勾配コイルのそれぞれのコイルが発生する磁界の強度のバランスを調整することで前記1組のX軸勾配コイルが前記所定軸上に発生する磁界方向に勾配磁界を発生し、前記1組のY軸勾配コイルのそれぞれのコイルが発生する磁界の強度のバランスを調整することで前記1組のY軸勾配コイルが前記所定軸上に発生する磁界方向に勾配磁界を発生することで前記勾配磁界成分を前記空間に形成することを特徴とする請求項1または2に記載の誘導システム。

【請求項9】

前記第1磁界発生機構および前記第2磁界発生機構は、中心軸が前記所定軸と一致するZ軸コイルと、中心軸が前記所定軸と垂直で且つ互いに直交するX軸コイルおよびY軸コイルと、を含む磁界発生コイルを含み、

10

前記相対位置制御機構は、前記所定軸と垂直な方向に前記相対位置を変化させ、

前記第1磁界発生機構は、前記Z軸コイルと前記X軸コイルと前記Y軸コイルとのそれぞれに電流信号を入力することで前記拘束磁界成分を前記空間内に形成し、

前記第2磁界発生機構は、前記Z軸コイルと前記X軸コイルと前記Y軸コイルとのそれぞれに入力する前記電流信号の電流量のバランスを調整することで前記勾配磁界成分を前記空間に形成することを特徴とする請求項1または2に記載の誘導システム。

【請求項10】

カプセル型の筐体内に固定された永久磁石を備え、被検体内に導入されたカプセル型装置の位置を誘導する誘導システムの作動方法であって、

第1磁界発生機構が所定軸に前記永久磁石を引き付ける拘束磁界を前記被検体が配置された空間に形成する拘束磁界発生ステップと、

20

制御部が前記所定軸と前記被検体との相対位置を変化させるための駆動信号を算出し、相対位置制御機構が前記駆動信号に基づいて前記相対位置を変化させる相対位置制御ステップと、

前記制御部が前記相対位置を変化させる方向と同じまたは反対の方向に前記永久磁石を付勢する勾配磁界を前記空間に形成するための勾配信号を前記駆動信号に基づいて算出する勾配信号算出ステップと、

前記拘束磁界発生ステップで形成した前記拘束磁界に加えて、第2磁界発生機構が前記勾配信号に基づいて前記勾配磁界を形成する勾配磁界発生ステップと、

を含み、

30

前記勾配磁界発生ステップは、

形成した前記勾配磁界により、前記所定軸が前記カプセル型装置に対して動かされた時、加速された時、または減速された時に、慣性力、前記被検体内において前記カプセル型装置が浮いている液体の波返しに起因する力、および前記カプセル型装置と前記液体との間の摩擦力の少なくともいずれかを打ち消し、前記カプセル型装置が前記所定軸から外れることを抑制することを特徴とする誘導システムの作動方法。

【請求項11】

前記勾配磁界は、前記相対位置を変化させる方向と逆方向に前記永久磁石を付勢することを特徴とする請求項10に記載の誘導システムの作動方法。

【請求項12】

40

前記勾配磁界発生ステップは、前記相対位置制御ステップで前記相対位置の変化速度を加速しているときに前記勾配磁界成分を前記空間に形成することを特徴とする請求項11に記載の誘導システムの作動方法。

【請求項13】

前記勾配磁界は、前記相対位置を変化させる方向と同じ方向に前記永久磁石を付勢することを特徴とする請求項10に記載の誘導システムの作動方法。

【請求項14】

前記勾配磁界発生ステップは、前記相対位置制御ステップで前記相対位置の変化速度を減速しているときに前記勾配磁界成分を前記空間に形成することを特徴とする請求項13に記載の誘導システムの作動方法。

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、誘導システムおよび誘導方法に関し、特に被検体内導入装置の被検体内での位置を誘導するため誘導システムおよび誘導方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、人や動物などの被検体の内部を観察する装置には、チューブ型のプローブを備えた内視鏡（以下、単に内視鏡という）やカプセル型の内視鏡（以下、単にカプセル内視鏡という）などが存在する。

10

【0003】

内視鏡には、先端部にCCD（charge coupled device）センサやCMOS（complementary metal oxide semiconductor）センサなどが設けられた電子内視鏡やプローブ内に光ファイバの束が通されたファイバスコープなどが存在する。このような内視鏡は、プローブが被検体の口や肛門等から挿入されて被検体内部の画像を取得する（例えば特許文献1を参照）。

【0004】

一方、カプセル内視鏡は、被検体内に導入されるカプセル型の被検体内導入装置であり、人や動物などが飲み込める程度の大きさを備える。このカプセル内視鏡は、例えば経口で被検体内に導入される。被検体内部に導入されたカプセル内視鏡は、例えば定期的に被検体内部を撮像し、撮像して得られた被検体内部の画像を無線信号として外部の受信装置へ送信する（例えば特許文献2を参照）。

20

【0005】

観察者は、内視鏡やカプセル内視鏡で得られた複数の画像を個別または連続して再生し、これを観察することで被検体の内部を観察する。

【0006】

ここでカプセル内視鏡は、通常、自由な状態で被検体内部に導入される。このため、カプセル内視鏡の被検体内部での位置や向きは、被検体内管腔の内壁等に制限されない限り、自由である。しかしながら、被検体内でのカプセル内視鏡の位置や向きが定まらなると、カプセル内視鏡が被検体内部におけるこの位置を撮像しているのかを観察者が特定することが困難となる。また、被検体内でのカプセル内視鏡の位置や向きを制御できなければ、観察者が要求する被検体内の位置を観察することが難しい。

30

【0007】

そこで従来では、カプセル内視鏡に永久磁石を搭載し、この永久磁石と外部に形成した磁界とを作用させることで、カプセル内視鏡の位置や向きを制御していた。例えば被検体内の胃に蓄えた液体を遊泳するカプセル内視鏡の位置を制御する場合、カプセル内視鏡内に固定された永久磁石には、この永久磁石の位置や向きを停めておく磁界（以下、これを拘束磁界という）が外部から与えられる。

【先行技術文献】

【特許文献】

40

【0008】

【特許文献1】特許第3898781号公報

【特許文献2】特開2003-70728号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかしながら、この拘束磁界は、カプセル内視鏡を停めておく目的の位置（以下、拘束位置という）付近での磁界強度の高低差（以下、傾きという）が緩やかである。このため、被検体とカプセル内視鏡との相対位置を変化させる場合、カプセル内視鏡が所望の位置にトラップされている状態を保つことが困難である。すなわち、カプセル内視鏡に作用す

50

る摩擦力または慣性力などの力に逆らってカプセル内視鏡を拘束位置に停めておくことができる程度に、拘束位置付近での拘束磁界の強度分布を急峻な分布とすることは困難である。

【0010】

例えば、被検体が載置されるベッドを拘束位置に対して移動させることで被検体と被検体内に導入された液体に浮遊するカプセル内視鏡との相対位置を変化させる場合、ベッドの移動によって被検体内に導入されたカプセル内視鏡に慣性力や液体の摩擦力などが働く。このためカプセル内視鏡は被検体と共に移動しようとするが、この移動を阻止すべき拘束磁界の拘束位置付近での傾きが緩やかであるため、このカプセル内視鏡が所望の位置にトラップされている状態を保つことは困難である。これは、被検体を固定した状態で拘束位置を移動させる場合やベッドと拘束位置とを互いに移動させる場合でも同様である。

10

【0011】

本発明は、上記した従来の問題点に鑑みて為されたものであり、被検体と拘束位置との相対的な変化に対してもカプセル内視鏡を所望の位置にトラップしておくことが可能な誘導システムおよび誘導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】

【0012】

上記した課題を解決し、目的を達成するための、本発明のある態様にかかる誘導システムは、カプセル型の筐体内に固定された永久磁石を備え、被検体内に導入されるカプセル型装置と、所定軸と前記被検体との相対位置を変化させる相対位置制御機構と、前記所定軸に前記永久磁石を引き付ける拘束磁界成分と、前記相対位置を変化させる方向と同じまたは反対の方向に前記永久磁石を付勢する勾配磁界成分と、の少なくとも一方を含む磁界を前記被検体が配置された空間に形成する磁界発生機構と、を有する位置制御装置と、を備えることを特徴とする。

20

【0013】

また、本発明の別の態様にかかる誘導システムは、上記の発明において、前記勾配磁界成分は、前記相対位置を変化させる方向と逆方向に前記永久磁石を付勢することを特徴とする。

【0014】

また、本発明の別の態様にかかる誘導システムは、上記の発明において、前記磁界発生機構は、前記相対位置制御機構が前記相対位置の変化速度を加速しているときに前記勾配磁界成分を含む前記磁界を前記空間に形成することを特徴とする。

30

【0015】

また、本発明の別の態様にかかる誘導システムは、上記の発明において、前記勾配磁界成分は、前記相対位置を変化させる方向と同じ方向に前記永久磁石を付勢することを特徴とする。

【0016】

また、本発明の別の態様にかかる誘導システムは、上記の発明において、前記磁界発生機構は、前記相対位置制御機構が前記相対位置の変化速度を減速しているときに前記勾配磁界成分を含む前記磁界を前記空間に形成することを特徴とする。

40

【0017】

また、本発明の別の態様にかかる誘導システムは、上記の発明において、前記磁界発生機構は、中心軸が前記所定軸と一致するZ軸コイルと、中心軸が前記所定軸と垂直で且つ互いに直交するX軸コイルおよびY軸コイルと、を含む拘束磁界発生コイルを含み、前記相対位置制御機構は、前記所定軸と垂直な方向に前記相対位置を変化させることを特徴とする。

【0018】

また、本発明の別の態様にかかる誘導システムは、上記の発明において、前記磁界発生機構は、前記所定軸上で該所定軸と略垂直な向きの磁界を形成する1組のX軸勾配コイルと、前記所定軸上で該所定軸と略垂直で且つ前記1組のX軸勾配コイルが形成する前記磁

50

界と略垂直な磁界を形成する 1 組の Y 軸勾配コイルと、を含む勾配磁界発生コイルを含み、前記相対位置制御機構は、前記所定軸と垂直な方向に前記相対位置を変化させ、前記磁界発生機構は、前記 1 組の X 軸勾配コイルのそれぞれのコイルが発生する磁界の強度のバランスを調整することで前記 1 組の X 軸勾配コイルが前記所定軸上に発生する磁界方向に勾配磁界を発生し、前記 1 組の Y 軸勾配コイルのそれぞれのコイルが発生する磁界の強度のバランスを調整することで前記 1 組の Y 軸勾配コイルが前記所定軸上に発生する磁界方向に勾配磁界を発生することで前記勾配磁界成分を含む前記磁界を前記空間に形成することを特徴とする。

【 0 0 1 9 】

また、本発明の別の態様にかかる誘導システムは、上記の発明において、前記磁界発生機構は、中心軸が前記所定軸と一致する Z 軸コイルと、中心軸が前記所定軸と垂直で且つ互いに直交する X 軸コイルおよび Y 軸コイルと、を含む磁界発生コイルを含み、前記相対位置制御機構は、前記所定軸と垂直な方向に前記相対位置を変化させ、前記磁界発生機構は、前記 Z 軸コイルと前記 X 軸コイルと前記 Y 軸コイルとのそれぞれに電流信号を入力することで前記拘束磁界成分を含む前記磁界を前記空間内に形成すると共に、前記 Z 軸コイルと前記 X 軸コイルと前記 Y 軸コイルとのそれぞれに入力する前記電流信号の電流量のバランスを調整することで前記勾配磁界成分を含む前記磁界を前記空間に形成することを特徴とする。

10

【 0 0 2 0 】

また、本発明の別の態様にかかる誘導方法は、カプセル型の筐体内に固定された永久磁石を備え、被検体内に導入されたカプセル型装置の位置を誘導する誘導方法であって、所定軸に前記永久磁石を引き付ける拘束磁界を前記被検体が配置された空間に形成する拘束磁界発生ステップと、前記所定軸と前記被検体との相対位置を変化させる相対位置制御ステップと、前記相対位置を変化させる方向と同じまたは反対の方向に前記永久磁石を付勢する勾配磁界を前記空間に形成する勾配磁界発生ステップと、を含むことを特徴とする。

20

【 0 0 2 1 】

また、本発明の別の態様にかかる誘導方法は、上記の発明において、前記勾配磁界は、前記相対位置を変化させる方向と逆方向に前記永久磁石を付勢することを特徴とする。

【 0 0 2 2 】

また、本発明の別の態様にかかる誘導方法は、上記の発明において、前記勾配磁界発生ステップは、前記相対位置制御ステップで前記相対位置の変化速度を加速しているときに前記勾配磁界成分を含む前記磁界を前記空間に形成することを特徴とする。

30

【 0 0 2 3 】

また、本発明の別の態様にかかる誘導方法は、上記の発明において、前記勾配磁界は、前記相対位置を変化させる方向と同じ方向に前記永久磁石を付勢することを特徴とする。

【 0 0 2 4 】

また、本発明の別の態様にかかる誘導方法は、上記の発明において、前記勾配磁界発生ステップは、前記相対位置制御ステップで前記相対位置の変化速度を減速しているときに前記勾配磁界成分を含む前記磁界を前記空間に形成することを特徴とする。

【 発明の効果 】

40

【 0 0 2 5 】

本発明によれば、位置制御装置を、所定軸と被検体との相対位置を変化させる相対位置制御機構と、所定軸に永久磁石を引き付ける拘束磁界成分と、相対位置を変化させる方向と同じまたは反対の方向に永久磁石を付勢する勾配磁界成分と、の少なくとも一方を含む磁界を被検体が配置された空間に形成する磁界発生機構とを有する構成としたので、被検体と拘束位置との相対的な変化に対してもカプセル内視鏡を所望の位置にトラップしておくことができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 6 】

【 図 1 】 図 1 は、本発明の実施の形態 1 によるカプセル内視鏡の概略外観構成例を示す斜

50

視図である。

【図 2】図 2 は、本発明の実施の形態 1 によ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 3】図 3 は、本発明の実施の形態 1 によるカプセル内視鏡を被検体内に導入した液体に浮遊させた場合の様子を説明するための概念図である。

【図 4】図 4 は、本発明の実施の形態 1 によるカプセル内視鏡システムの構成を示すブロック図である。

【図 5】図 5 は、本発明の実施の形態 1 によるカプセル内視鏡システムにおける位置制御装置の概略構成例を示す斜視図である。

【図 6 A】図 6 A は、本発明の実施の形態 1 において相対位置制御部がベッドを水平面（ $X - Y$ 平面）中で移動させるように構成した場合のベッドと拘束磁界発生コイルの中心 Z 軸との位置関係を説明するための斜視図である。

【図 6 B】図 6 B は、図 6 A に示すベッドと拘束磁界発生コイルの中心 Z 軸との位置関係を説明するための上視図である。

【図 7 A】図 7 A は、本発明の実施の形態 1 において相対位置制御部が拘束磁界発生コイルを水平面（ $X - Y$ 平面）中で移動させるように構成した場合のベッドと拘束磁界発生コイルの中心 Z 軸との位置関係を説明するための斜視図である。

【図 7 B】図 7 B は、本発明の実施の形態 1 において相対位置制御部がベッドを $X / - X$ 方向に移動させ且つ拘束磁界発生コイルを $Y / - Y$ 方向へ移動させるように構成した場合のベッドと拘束磁界発生コイルの中心 Z 軸との位置関係を説明するための斜視図である。

【図 8】図 8 は、本発明の実施の形態 1 による拘束磁界発生コイルの一例を示す斜視図である。

【図 9 A】図 9 A は、図 8 に示す拘束磁界発生コイルにおける X 軸拘束コイルの一例を示す斜視図である。

【図 9 B】図 9 B は、図 9 A に示す X 軸拘束コイルが形成する拘束磁界 X 軸成分を示す概念図である。

【図 10 A】図 10 A は、図 8 に示す拘束磁界発生コイルにおける Y 軸拘束コイルの一例を示す斜視図である。

【図 10 B】図 10 B は、図 10 A に示す Y 軸拘束コイルが形成する拘束磁界 Y 軸成分を示す概念図である。

【図 11 A】図 11 A は、図 8 に示す拘束磁界発生コイルにおける Z 軸拘束コイルの一例を示す斜視図である。

【図 11 B】図 11 B は、図 11 A に示す Z 軸拘束コイルが形成する拘束磁界 Z 軸成分を示す概念図である。

【図 12】図 12 は、本発明の実施の形態 1 の変形例 1 - 1 による拘束磁界発生コイルの一例を示す斜視図である。

【図 13】図 13 は、図 12 に示す拘束磁界発生コイルにおける Z 軸拘束コイルが形成する拘束磁界 Z 軸成分を示す概念図である。

【図 14】図 14 は、図 12 に示す拘束磁界発生コイルにおける X / Y 軸拘束コイルが形成する拘束磁界 X / Y 軸成分を示す概念図である。

【図 15】図 15 は、本発明の実施の形態 1 の変形例 1 - 2 による拘束磁界発生コイルの一例を示す斜視図である。

【図 16】図 16 は、本発明の実施の形態 1 による拘束磁界の強度分布とこの拘束磁界によってカプセル内視鏡に作用する拘束力との関係を示す図である。

【図 17】図 17 は、本発明の実施の形態 1 において拘束磁界により制御されるカプセル内視鏡の向きを説明するための図である。

【図 18】図 18 は、本発明の実施の形態 1 による勾配磁界発生コイルの一例を示す斜視図である。

【図 19 A】図 19 A は、図 18 に示す勾配磁界発生コイルにおける X / Y 軸勾配コイルがそれぞれ形成する非対称磁界の一例を示す概念図である。

10

20

30

40

50

【図 19 B】図 19 B は、図 19 A に示す X / Y 軸勾配コイルが形成する勾配磁界の強度分布の一例を示す図である。

【図 20】図 20 は、本発明の実施の形態 1 の変形例 1 - 3 による勾配磁界発生コイルの一例を示す斜視図である。

【図 21 A】図 21 A は、図 20 に示す勾配磁界発生コイルにおける X / Y 軸勾配コイルがそれぞれ形成する非対称磁界の一例を示す概念図である。

【図 21 B】図 21 B は、図 21 A に示す X / Y 軸勾配コイルが形成する勾配磁界の強度分布の一例を示す図である。

【図 22】図 22 は、本発明の実施の形態 1 による位置制御装置がベッドと拘束磁界発生コイルとの相対位置を変更する際の概略全体動作例を示すフローチャートである。

10

【図 23】図 23 は、図 22 における相対位置制御処理の具体例を示すフローチャートである。

【図 24 A】図 24 A は、本発明の実施の形態 1 による動作パターン 1 を説明するためのタイミングチャートである。

【図 24 B】図 24 B は、本発明の実施の形態 1 による動作パターン 2 を説明するためのタイミングチャートである。

【図 24 C】図 24 C は、本発明の実施の形態 1 による動作パターン 3 を説明するためのタイミングチャートである。

【図 25】図 25 は、図 24 C に示す動作パターン 3 においてベッドの加速期間中にカプセル内視鏡に生じる力と検出空間内に形成する勾配磁界との例を示す概念図である。

20

【図 26】図 26 は、図 24 C に示す動作パターン 3 においてベッドの減速期間中にカプセル内視鏡に生じる力と検出空間内に形成する勾配磁界との例を示す概念図である。

【図 27 A】図 27 A は、本発明の実施の形態 1 による動作パターン 4 を説明するためのタイミングチャートである。

【図 27 B】図 27 B は、本発明の実施の形態 1 による動作パターン 5 を説明するためのタイミングチャートである。

【図 27 C】図 27 C は、本発明の実施の形態 1 による動作パターン 6 を説明するためのタイミングチャートである。

【図 28】図 28 は、図 27 C に示す動作パターン 6 においてベッドの加速期間中にカプセル内視鏡に生じる力と検出空間内に形成する勾配磁界との例を示す概念図である。

30

【図 29】図 29 は、図 27 C に示す動作パターン 6 においてベッドの減速期間中にカプセル内視鏡に生じる力と検出空間内に形成する勾配磁界との例を示す概念図である。

【図 30】図 30 は、本発明の実施の形態 2 によるカプセル内視鏡システムの構成を示すブロック図である。

【図 31 A】図 31 A は、本発明の実施の形態 2 において Z 軸拘束コイルに電流を流した際に Z 軸拘束コイルが中心 Z 軸近傍に形成する磁界を示す概念図である。

【図 31 B】図 31 B は、図 31 A に示す磁界における中心 Z 軸を含む平面の磁界成分を示す図である。

【図 32 A】図 32 A は、図 31 A および図 31 B に示す磁界の X 軸方向の磁界強度を示す図である。

40

【図 32 B】図 32 B は、図 31 A および図 31 B に示す磁界の Y 軸方向の磁界強度を示す図である。

【図 32 C】図 32 C は、図 31 A および図 31 B に示す磁界の Z 軸方向の磁界強度を示す図である。

【図 33 A】図 33 A は、本発明の実施の形態 2 において X 軸拘束コイルに電流を流した際に X 軸拘束コイルが中心 Z 軸近傍に形成する磁界を示す概念図である。

【図 33 B】図 33 B は、図 33 A に示す磁界における中心 Z 軸を含む平面の磁界成分を示す図である。

【図 34 A】図 34 A は、図 33 A および図 33 B に示す磁界の X 軸方向の磁界強度を示す図である。

50

【図 3 4 B】図 3 4 B は、図 3 3 A および図 3 3 B に示す磁界の Y 軸方向の磁界強度を示す図である。

【図 3 4 C】図 3 4 C は、図 3 3 A および図 3 3 B に示す磁界の Z 軸方向の磁界強度を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0027】

(実施の形態 1)

以下、本発明の実施の形態 1 によるカプセル内視鏡システム 1 を、図面を用いて詳細に説明する。本実施の形態 1 では、被検体内に経口にて導入され、被検体の胃や小腸や大腸などに蓄えた液体に浮かぶカプセル内視鏡 100 を被検体内導入装置として用いるカプセル内視鏡システム 1 を例に挙げる。また、カプセル内視鏡 100 としては、複数の撮像ユニットを備えた、いわゆる複眼のカプセル内視鏡を例に挙げる。ただし、これに限定されず、例えば被検体の食道から肛門にかけて管腔内を移動する途中で撮像動作を実行することで被検体内部の画像を取得する単眼または複眼のカプセル内視鏡など、種々の被検体内導入装置を用いることが可能である。

10

【0028】

図 1 は、本実施の形態 1 によるカプセル内視鏡 100 の概略外観構成例を示す斜視図である。図 2 は、本実施の形態 1 によるカプセル内視鏡 100 の概略構成例を示すブロック図である。

【0029】

20

図 1 に示すように、カプセル内視鏡 100 は、両端が開口された中空の円筒部 122 と、円筒部 122 の開口された両端にそれぞれ設けられたドーム形のキャップ 124 A および 124 B と、から構成される筐体 120 を備える。筐体 120 内部は、円筒部 122 の 2 つの開口にキャップ 124 A および 124 B がそれぞれはめ込まれることで、水密に封止される。また、筐体 120 内のキャップ 124 A および 124 B 側には、被検体内部を照明および撮像する撮像部 105 A および 105 B がそれぞれ設けられている。

【0030】

また、図 2 に示すように、カプセル内視鏡 100 は、筐体 120 内部に、カプセル制御部 102 ならびに撮像部 105 A および 105 B と、撮像ユニット 104 と、無線通信部 106 と、バッテリー 108 と、永久磁石 110 と、を備える。

30

【0031】

撮像部 105 A は、入射した光の光量に応じた電荷を蓄積する光電変換素子である CCD アレイ (CCD array) 105 a と、被検体内部を照明する 1 つ以上の LED (LED) 105 b と、を含む。また、撮像部 105 A は、搭載面がキャップ 124 A 側を介して筐体 120 外部を向くように筐体 120 内のキャップ 124 A 側に配設された基板 104 A の搭載面に実装される。具体的には、撮像部 105 A の CCD アレイ 105 a は、受光面がキャップ 124 A を介して筐体 120 外部を向くように、基板 104 A の搭載面に実装される。同様に、撮像部 105 A の各 LED 105 b は、光の放射方向がキャップ 124 A を介して筐体 120 外部を向くように、基板 104 A の搭載面に実装される。このような配置により、撮像部 105 A の画角 $V A 1$ は、キャップ 124 A を介した方向となる (図 2 参照)。

40

【0032】

一方、撮像部 105 B は、撮像部 105 A と同様に、CCD アレイ 105 a と 1 つ以上の LED 105 b とを含む。撮像部 105 B は、搭載面がキャップ 124 A と反対側に設けられたキャップ 124 B を介して筐体 120 外部を向くように筐体 120 内に配設された基板 104 B の搭載面に実装される。具体的には、撮像部 105 B の CCD アレイ 105 a は、受光面がキャップ 124 B を介して筐体 120 外部を向くように、基板 104 B の搭載面に実装される。同様に、撮像部 105 B の各 LED 105 b は、光の放射方向がキャップ 124 B を介して筐体 120 外部を向くように、基板 104 B の搭載面に実装される。このような配置により、撮像部 105 B の画角 $V A 2$ は、撮像部 105 A の画角 V

50

A 1 と反対方向であるキャップ 1 2 4 B を介した方向となる (図 2 参照) 。

【 0 0 3 3 】

なお、C C D アレイ 1 0 5 a に代えて、C M O S (complementary metal oxide semiconductor) センサアレイなど、種々の光電変換素子を用いることができる。また、L E D 1 0 5 b に代えて種々の発光素子を用いることができる。

【 0 0 3 4 】

撮像ユニット 1 0 4 は、撮像部 1 0 5 A または 1 0 5 B で生成された画像信号を定期的に交互または同時に読み出し、これに A / D 変換等の処理を実行することで画像データを生成する。また、撮像ユニット 1 0 4 は、生成した画像データを直接無線通信部 1 0 6 へ入力するか、カプセル制御部 1 0 2 を介して無線通信部 1 0 6 に入力する。なお、撮像ユニット 1 0 4 は、画像信号を読み出した撮像部 1 0 5 A / 1 0 5 B を識別するための情報と、画像信号を読み出したもしくは画像信号から画像データを生成した時刻の情報を、生成した画像データに付加する。

10

【 0 0 3 5 】

無線通信部 1 0 6 は、不図示のアンテナを含み、撮像ユニット 1 0 4 から入力された画像データを無線信号に変換して、カプセル内視鏡 1 0 0 外の後述する受信装置 3 0 0 に送信する。なお、無線通信部 1 0 6 は、受信装置 3 0 0 から送信された無線信号を受信してこれをカプセル制御部 1 0 2 に入力してもよい。

【 0 0 3 6 】

カプセル制御部 1 0 2 は、各種動作を実行するためのプログラムおよびパラメータを記憶したメモリを含み、このメモリから適宜プログラムおよびパラメータを読み出して各種動作を実行してカプセル内視鏡 1 0 0 内の各ユニットを制御することで、定期的に画像データを取得してこれを受信装置 3 0 0 へ送信する。また、無線通信部 1 0 6 を介して受信装置 3 0 0 から制御命令等を入力するように構成した場合には、入力された制御命令等に基づいてカプセル内視鏡 1 0 0 内の各ユニットを制御する。

20

【 0 0 3 7 】

バッテリー 1 0 8 は、カプセル内視鏡 1 0 0 内の各ユニットに電力を供給する。このバッテリー 1 0 8 は、例えばボタン電池などの 1 次電池または 2 次電池で構成することができる。

【 0 0 3 8 】

永久磁石 1 1 0 は、筐体 1 2 0 の例えば円筒部 1 2 2 内部に固定される。ここで、カプセル内視鏡 1 0 0 を被検体内に導入した液体 9 1 0 に浮遊させる場合の様子を、図 3 を用いて説明する。図 3 は、カプセル内視鏡 1 0 0 を被検体内に導入した液体 9 1 0 に浮遊させた場合の様子を説明するための概念図である。ただし、図 3 に示す例では、カプセル内視鏡 1 0 0 の姿勢 (長軸方向 L a の向き) を制御するための磁界がこれの永久磁石 1 1 0 に作用していない場合を例示している。

30

【 0 0 3 9 】

本実施の形態 1 において例示するカプセル内視鏡 1 0 0 は、液体 9 1 0 に対する比重が 1 より小さい。このため図 3 に示すように、カプセル内視鏡 1 0 0 は、液体 9 1 0 に対して浮遊する。この際、カプセル内視鏡 1 0 0 の重心 G をカプセル内視鏡 1 0 0 の幾何学的中心 C g からカプセル内視鏡 1 0 0 の長軸 L a (図 1 参照) に沿ってずらしておく。これにより、液体 9 1 0 に浮遊するカプセル内視鏡 1 0 0 の長軸 L a が、鉛直方向 (すなわち重力方向 D g) と平行になる。言い換えれば、カプセル内視鏡 1 0 0 を立った状態で液体 9 1 0 に浮遊させることができる。なお、カプセル内視鏡 1 0 0 の長軸 L a とは、カプセル内視鏡 1 0 0 の長手方向の中心軸である。2 つの撮像部 1 0 5 A および 1 0 5 B は、例えばそれぞれの C C D アレイ 1 0 5 a の光学的中心軸が長軸 L a と重なり且つそれぞれの撮像方向が互いに反対側を向くように配置される。

40

【 0 0 4 0 】

永久磁石 1 1 0 は、その磁化方向 D m n および D m s がカプセル内視鏡 1 0 0 の長軸 L a に対して傾き (例えば垂直) を持つように、筐体 1 2 0 内部に固定される。なお、磁化

50

方向 D_{mn} は永久磁石 110 における N 極の磁化方向であり、磁化方向 D_{ms} は永久磁石 110 における S 極の磁化方向である。磁化方向 D_{mn} および D_{ms} が長軸 L_a に対して傾きを持つように永久磁石 110 を筐体 120 内に固定することで、カプセル内視鏡 100 の長軸 L_a を中心とした回転方向 D_r (または長軸 L_a と垂直な径方向) の姿勢を、例えば外部から与える磁場により制御することが可能となる。

【0041】

また、重力方向 D_g に対するカプセル内視鏡 100 の長軸 L_a の傾きは、カプセル内視鏡 100 の永久磁石 110 に外部から磁界を作用させることで制御することができる。すなわち、磁力線の方向が水平面に対して角度を有する磁界を永久磁石 110 に作用させることで、永久磁石 110 の磁化方向 D_{mn} および D_{ms} がこの磁力線と略平行となるようにカプセル内視鏡 100 を重力方向 D_g に対して傾かせることが可能である。

10

【0042】

つぎに、上記したカプセル内視鏡 100 を用いたカプセル内視鏡システム 1 について、図面を用いて詳細に説明する。図 4 は、本実施の形態 1 によるカプセル内視鏡システム 1 の構成を示すブロック図である。図 5 は、カプセル内視鏡システム 1 における位置制御装置 200 の概略構成例を示す斜視図である。

【0043】

図 4 に示すように、カプセル内視鏡システム 1 は、カプセル内視鏡 100 から無線信号として送信された画像データ等を受信する受信装置 300 と、カプセル内視鏡 100 の永久磁石 110 に作用させる磁界 (拘束磁界 B_{trap} および勾配磁界 B_{grad}) を検出空間 K 内に形成すると共にカプセル内視鏡 100 が導入される被検体 900 と拘束磁界 B_{trap} の中心軸との相対位置を制御する位置制御装置 200 と、を備える。なお、本説明では、地表面に対して鉛直な方向を Z 軸とし、後述する拘束磁界発生コイル 222 の中心を通る Z 軸を中心 Z 軸 A_z という。また、説明の都合上、後述するベッド 206 の長手方向を X 軸とし、ベッド 206 の短手方向を Y 軸とする。したがって、本説明において、 $X-Y$ 平面は水平面となる。さらに、便宜上、位置制御装置 200 は、被検体 900 が載置されるベッド 206 と拘束磁界発生コイル 222 の中心 Z 軸 A_z との相対位置を制御するものとして説明する。

20

【0044】

受信装置 300 は、カプセル内視鏡 100 から送信された無線信号を受信する受信アンテナ 302 と、カプセル内視鏡 100 から無線信号として受信した画像データを入力して所定の処理を実行するカプセル画像受信装置 310 と、カプセル画像受信装置 310 で所定の処理がなされた画像データを再生するカプセル画像表示装置 320 と、を備える。カプセル内視鏡 100 で取得され、無線信号として送信された被検体 900 内の画像データは、受信アンテナ 302 を介してカプセル画像受信装置 310 に入力され、所定の処理が実行された後、カプセル画像表示装置 320 に表示される。

30

【0045】

位置制御装置 200 は、拘束磁界 B_{trap} と勾配磁界 B_{grad} とを形成する磁界発生部 210 と、ベッド 206 と拘束磁界発生コイル 222 の中心 Z 軸 A_z との相対位置を制御する相対位置制御部 240 と、磁界発生部 210 および相対位置制御部 240 を制御する制御部 250 と、ユーザが制御部 250 に対して各種制御命令を入力する操作部 260 と、を備える。

40

【0046】

相対位置制御部 240 は、検査対象の被検体 900 が載置されるベッド 206 および / または拘束磁界発生コイル 222 に連結されており、ベッド 206 および / または拘束磁界発生コイル 222 を水平方向に移動させることで、ベッド 206 と拘束磁界発生コイル 222 の中心 Z 軸 A_z との相対位置を変化させる。なお、このベッド 206 上の空間が被検体 900 が導入される検出空間 K であり、ベッド 206 およびこれを駆動する不図示の駆動機構および / または後述する拘束磁界発生コイル 222 を駆動する不図示の駆動機構を含む相対位置制御部 240 が中心 Z 軸 (所定軸) A_z と被検体 900 との相対位置を変

50

化させる相対位置制御機構として機能する。また、検出空間Kは、ベッド206の移動に対して移動しないものとする。ただし、これに限定されず、ベッド206の移動と共に移動してもよい。

【0047】

磁界発生部210は、拘束磁界B trapを発生させる拘束磁界発生部220と、勾配磁界B gradを発生させる勾配磁界発生部230と、を含む。拘束磁界発生部220は、検出空間K近傍に配設された拘束磁界発生コイル222に電氣的に接続される。拘束磁界発生コイル222は、その中心Z軸Azがベッド206の被検体載置面に対して垂直となるように配設される。一方、勾配磁界発生部230には、検出空間K近傍に配設された勾配磁界発生コイル232に電氣的に接続される。

10

【0048】

なお、拘束磁界発生部220およびこれに接続された拘束磁界発生コイル222と勾配磁界発生部230およびこれに接続された勾配磁界発生コイル232とを含む磁界発生部210が、中心Z軸Azに永久磁石110を引き付ける拘束磁界成分(拘束磁界B trap)と、相対位置を変化させる方向と同じまたは反対の方向に永久磁石110を付勢する勾配磁界成分(勾配磁界B grad)と、の少なくとも一方を含む磁界を被検体900が配置された検出空間Kに形成する磁界発生機構として機能する。

【0049】

拘束磁界発生部220は、例えば制御部250からの制御に従って、特定の振幅を持った電流信号(以下、拘束信号という)を生成し、この拘束信号を拘束磁界発生コイル222に入力する。これにより、検出空間K内に永久磁石110を備えたカプセル内視鏡100を目的の位置(拘束磁界発生コイル222の中心Z軸Az上の位置)に停めておくための拘束磁界B trapが形成される。なお、拘束磁界発生部220は、中心Z軸Azに磁界強度のピークを持つ拘束磁界B trapを拘束磁界発生コイル222に形成させることが可能な信号波形の拘束信号を生成する。

【0050】

勾配磁界発生部230は、例えば制御部250からの制御に従って、特定の振幅を持った電流信号(以下、勾配信号という)を生成し、この勾配信号を勾配磁界発生コイル232に入力する。これにより、検出空間K内に永久磁石110を備えたカプセル内視鏡100を目的の方向(例えばベッド206の加速方向または加速方向と反対の方向)へ付勢するための勾配磁界B gradが形成される。なお、後述するように、本実施の形態1による勾配磁界発生コイル232は、水平成分(X軸成分またはY軸成分)を持つ磁界を検出空間K内に形成可能な1組以上のコイル(X軸勾配コイル232x-1/232y-1および232x-2/232y-2:図18参照)を含む。そこで勾配磁界発生部230は、対をなすコイルのそれぞれに入力する勾配信号の振幅を調整すること、すなわち各コイルに入力する信号強度のバランスを調整することで、磁界強度の分布が検出空間K内(特に中心Z軸Az近傍)で傾いている勾配磁界B gradを勾配磁界発生コイル232に形成させる。

【0051】

ここで図5に示すように、位置制御装置200は、ベッド206の少なくとも一部を収納する筐体202を含む。筐体202には、ベッド206上への被検体900の搬入出口およびベッド206の移動自由度などを確保するための窓204Aおよび204Bが形成されている。筐体202内部におけるベッド206上の領域は、被検体900が載置される検出空間Kとして設定される。なお、ベッド206は、窓204Aおよび204Bの一方または両方から筐体202外へその一部が突出していてもよい。

40

【0052】

また、相対位置制御部240および磁界発生部210は、例えば筐体202内であってベッド206の下側に配設される。一方、制御部250および操作部260は、例えば筐体202外に配置されたパーソナルコンピュータ270などを用いて実現される。パーソナルコンピュータ270と相対位置制御部240および磁界発生部210とは、通信ケー

50

ブルなどを介して通信可能に接続される。ただし、これに限定されず、相対位置制御部 240 と磁界発生部 210 と制御部 250 と操作部 260 とを筐体 202 に配設するなど、種々変形できることは言うまでもない。

【0053】

つぎに、ベッド 206 (特にベッド 206 上の被検体 900) と拘束磁界発生コイル 222 (特に中心 Z 軸 A_z) との位置関係を、図 6A を用いて詳細に説明する。図 6A は、相対位置制御部 240 がベッド 206 を水平面 (X - Y 平面) 中で移動させるように構成した場合のベッド 206 と拘束磁界発生コイル 222 の中心 Z 軸 A_z との位置関係を説明するための斜視図である。この際、拘束磁界発生コイル 222 は、筐体 202 に対して固定されているとする。また、図 6B は、図 6A に示すベッド 206 と拘束磁界発生コイル 222 の中心 Z 軸 A_z との位置関係を説明するための上視図である。ただし、図 6B では、簡略化のために、相対位置制御部 240 を省略し、また、明確化のために、ベッド 206 を固定し、このベッド 206 に対して拘束磁界発生コイル 222 の位置を水平方向に変化させた場合を示す。

10

【0054】

図 6A に示すように、本例では、拘束磁界発生コイル 222 は、ベッド 206 の下方に固定された状態で設置される。一方、ベッド 206 は、相対位置制御部 240 による制御の下、X 方向または - X 方向、および / または、Y 方向または - Y 方向へ水平移動可能である。したがって、図 6B に示すように、ベッド 206 に対する拘束磁界発生コイル 222 の中心 Z 軸 A_z は、点 $A_z 1 \sim A_z 4$ で囲まれた領域 R_{az} 内を移動可能である。なお、点 $A_z 1$ は、基準位置にある拘束磁界発生コイル 222 を矢印 $m 1$ 方向へ移動させた場合の中心 Z 軸 A_z の位置であり、点 $A_z 2$ は、基準位置にある拘束磁界発生コイル 222 を矢印 $m 2$ 方向へ移動させた場合の中心 Z 軸 A_z の位置であり、点 $A_z 3$ は、基準位置にある拘束磁界発生コイル 222 を矢印 $m 3$ 方向へ移動させた場合の中心 Z 軸 A_z の位置であり、点 $A_z 4$ は、基準位置にある拘束磁界発生コイル 222 を矢印 $m 4$ 方向へ移動させた場合の中心 Z 軸 A_z の位置である。

20

【0055】

また、相対位置制御部 240 が拘束磁界発生コイル 222 を水平面 (X - Y 平面) 中で移動させることで、ベッド 206 と拘束磁界発生コイル 222 の中心 Z 軸 A_z との相対位置を制御するように構成してもよい。なお、図 7A は、相対位置制御部 240 が拘束磁界発生コイル 222 を水平面 (X - Y 平面) 中で移動させるように構成した場合のベッド 206 と拘束磁界発生コイル 222 の中心 Z 軸 A_z との位置関係を説明するための斜視図である。

30

【0056】

さらに、相対位置制御部 240 が、ベッド 206 を X / - X 方向 (または Y / - Y 方向) に移動させ、拘束磁界発生コイル 222 を Y / - Y 方向 (または X / - X 方向) へ移動させることで、ベッド 206 と拘束磁界発生コイル 222 の中心 Z 軸 A_z との相対位置を制御するように構成してもよい。なお、図 7B は、相対位置制御部 240 が、ベッド 206 を X / - X 方向に移動させ、拘束磁界発生コイル 222 を Y / - Y 方向へ移動させるように構成した場合のベッド 206 と拘束磁界発生コイル 222 の中心 Z 軸 A_z との位置関係を説明するための斜視図である。

40

【0057】

つぎに、本実施の形態 1 による拘束磁界発生コイル 222 の一例について詳細に説明する。本実施の形態 1 に係る拘束磁界発生コイル 222 は、中心 Z 軸 A_z に対して対称に配置される複数のコイルを備える。具体的には、中心 Z 軸 A_z 方向の磁界を発生する 1 つまたは対の Z 軸拘束コイルと、中心 Z 軸 A_z に垂直な軸 (X 軸 A_x) 方向の磁界を発生する 1 つまたは対の X 軸拘束コイルと、中心 Z 軸 A_z および X 軸 A_x に垂直な軸 (Y 軸 A_y) 方向の磁界を発生する 1 つまたは対の Y 軸拘束コイルと、を備える。これら Z 軸拘束コイル、X 軸拘束コイルおよび Y 軸拘束コイルは、任意の X - Y 平面内における中心 Z 軸 A_z との交点付近に磁界強度のピークを持つ拘束磁界 B_{trap} を形成する。

50

【 0 0 5 8 】

ここで、拘束磁界発生コイル 2 2 2 の具体例を、図面を用いて詳細に説明する。図 8 は、拘束磁界発生コイル 2 2 2 の一例を示す斜視図である。図 9 A は、拘束磁界発生コイル 2 2 2 における X 軸拘束コイル 2 2 2 x の一例を示す斜視図であり、図 9 B は、X 軸拘束コイル 2 2 2 x が形成する拘束磁界 X 軸成分 $C_x \text{ trap}$ を示す概念図である。図 10 A は、拘束磁界発生コイル 2 2 2 における Y 軸拘束コイル 2 2 2 y の一例を示す斜視図であり、図 10 B は、Y 軸拘束コイル 2 2 2 y が形成する拘束磁界 Y 軸成分 $C_y \text{ trap}$ を示す概念図である。図 11 A は、拘束磁界発生コイル 2 2 2 における Z 軸拘束コイル 2 2 2 z の一例を示す斜視図であり、図 11 B は、Z 軸拘束コイル 2 2 2 z が形成する拘束磁界 Z 軸成分 $C_z \text{ trap}$ を示す概念図である。

10

【 0 0 5 9 】

図 8 に示すように、拘束磁界発生コイル 2 2 2 は、中心軸が X 軸方向を向く X 軸拘束コイル 2 2 2 x と、中心軸が Y 軸方向を向く Y 軸拘束コイル 2 2 2 y と、中心軸が Z 軸（中心 Z 軸 A_z ）方向を向く Z 軸拘束コイル 2 2 2 z と、を含む。また、各コイルは、中心点が一一致するように組み合わせられる。X 軸拘束コイル 2 2 2 x と Y 軸拘束コイル 2 2 2 y と Z 軸拘束コイル 2 2 2 z との中心は、例えば鉄心 2 2 3 が設けられる。

【 0 0 6 0 】

ここで、図 9 A に示すように、X 軸拘束コイル 2 2 2 x のコイル巻数は 1 つ以上であり、その中心に鉄心 2 2 3 が配置されている。したがって、図 9 B に示すように、X 軸拘束コイル 2 2 2 x が発生する拘束磁界 X 軸成分 $C_x \text{ trap}$ の磁力線は、X 軸拘束コイル 2 2 2 x の中心 X 軸 A_x を含む平面内で略 8 字状となる。

20

【 0 0 6 1 】

また、図 10 A に示すように、Y 軸拘束コイル 2 2 2 y のコイル巻数は 1 つ以上であり、その中心に鉄心 2 2 3 が配置されている。したがって、図 10 B に示すように、Y 軸拘束コイル 2 2 2 y が発生する拘束磁界 Y 軸成分 $C_y \text{ trap}$ の磁力線は、Y 軸拘束コイル 2 2 2 y の中心 Y 軸 A_y を含む平面内で略 8 字状となる。

【 0 0 6 2 】

さらに、図 11 A に示すように、Z 軸拘束コイル 2 2 2 z のコイル巻数は 1 つ以上であり、その中心に鉄心 2 2 3 が配置されている。したがって、図 11 B に示すように、Z 軸拘束コイル 2 2 2 z が発生する拘束磁界 Z 軸成分 $C_z \text{ trap}$ の磁力線は、Z 軸拘束コイル 2 2 2 z の中心 Z 軸（中心 Z 軸 A_z と一致）を含む平面内で略 8 字状となる。

30

【 0 0 6 3 】

なお、図 8 に示すように、X 軸拘束コイル 2 2 2 x と Y 軸拘束コイル 2 2 2 y とは、各巻きが交互になるように組み合わせられる。また、Z 軸拘束コイル 2 2 2 z は、X 軸拘束コイル 2 2 2 x と Y 軸拘束コイル 2 2 2 y との組物を X - Y 平面における周囲から囲むように配置される。ただし、これに限定されず、中心 Z 軸 A_z 上に磁界強度のピークを持つ拘束磁界 $B \text{ trap}$ を検出空間 K 内に形成することが可能であれば、種々変形することができる。

【 0 0 6 4 】

例えば、拘束磁界 $B \text{ trap}$ の発生源には、図 12 に示すような拘束磁界発生コイル 2 2 2 A を用いることも可能である。図 12 は、本実施の形態 1 の変形例 1 - 1 による拘束磁界発生コイル 2 2 2 A の一例を示す斜視図である。図 13 は、拘束磁界発生コイル 2 2 2 A における Z 軸拘束コイル 2 2 2 A z が形成する拘束磁界 Z 軸成分 $C_z \text{ trap}$ を示す概念図である。図 14 は、拘束磁界発生コイル 2 2 2 A における X / Y 軸拘束コイル 2 2 2 A x - 1 / 2 2 2 A y - 1 および 2 2 2 A x - 2 / 2 2 2 A y - 2 が形成する拘束磁界 X / Y 軸成分 $C_x \text{ trap} / C_y \text{ trap}$ を示す概念図である。

40

【 0 0 6 5 】

図 12 に示すように、拘束磁界発生コイル 2 2 2 A は、支持板 2 2 4 A 上に、Z 軸拘束コイル 2 2 2 A z と、1 対の X 軸拘束コイル 2 2 2 A x - 1 および 2 2 2 A x - 2 と、1 対の Y 軸拘束コイル 2 2 2 A y - 1 および 2 2 2 A y - 2 と、が搭載された構成を備える

50

。拘束磁界発生コイル 2 2 2 A は、拘束磁界発生コイル 2 2 2 と同様に、筐体 2 0 2 内であってベッド 2 0 6 の下方に配設される。

【 0 0 6 6 】

Z 軸拘束コイル 2 2 2 A z は、支持板 2 2 4 A 上の略中央に配置される。Z 軸拘束コイル 2 2 2 A z の中心には、鉄心 2 2 3 A z が設けられる。したがって、図 1 3 に示すように、Z 軸拘束コイル 2 2 2 A z が発生する拘束磁界 Z 軸成分 $C_z \text{ trap}$ の磁力線は、Z 軸拘束コイル 2 2 2 A z の中心 Z 軸（中心 Z 軸 A z と一致）を含む平面内で略 8 字状となる。

【 0 0 6 7 】

一方、X / Y 軸拘束コイル 2 2 2 A x - 1 / 2 2 2 A y - 1 および 2 2 2 A x - 2 / 2 2 2 A y - 2 は、支持板 2 2 4 A 上における Z 軸拘束コイル 2 2 2 A z を挟む位置に配置される。X / Y 軸拘束コイル 2 2 2 A x - 1 / 2 2 2 A y - 1 および 2 2 2 A x - 2 / 2 2 2 A y - 2 の中心には、それぞれ鉄心 2 2 3 A x - 1 / 2 2 3 A y - 1 および 2 2 3 A x - 2 / 2 2 3 A y - 2 が設けられる。したがって、図 1 4 に示すように、X / Y 軸拘束コイル 2 2 2 A x - 1 / 2 2 2 A y - 1 および 2 2 2 A x - 2 / 2 2 2 A y - 2 が発生する拘束磁界 X / Y 軸成分 $C_x \text{ trap} / C_y \text{ trap}$ の磁力線は、一方の X / Y 軸拘束コイル 2 2 2 A x - 1 / 2 2 2 A y - 1 から他方の X / Y 軸拘束コイル 2 2 2 A x - 2 / 2 2 2 A y - 2 へ山成に延びる。

【 0 0 6 8 】

また、拘束磁界発生コイル 2 2 2 A は、図 1 5 に示すようにも変形することができる。図 1 5 は、本実施の形態 1 の変形例 1 - 2 による拘束磁界発生コイル 2 2 2 B の一例を示す斜視図である。

【 0 0 6 9 】

図 1 5 に示すように、拘束磁界発生コイル 2 2 2 B は、ベッド 2 0 6 の載置面と略平行な面にそれぞれ配置された X 軸拘束コイル 2 2 2 B x - 1 および 2 2 2 B x - 2、Y 軸拘束コイル 2 2 2 B y - 1 および 2 2 2 B y - 2、ならびに、Z 軸拘束コイル 2 2 2 B z を備える。1 対の X 軸拘束コイル 2 2 2 B x - 1 および 2 2 2 B x - 2 は、X 軸に沿って配列するように、ベッド 2 0 6 下方に配設される。同様に、Y 軸拘束コイル 2 2 2 B y - 1 および 2 2 2 B y - 2 は、Y 軸に沿って配列するように、ベッド 2 0 6 の下方に配設される。一方、Z 軸拘束コイル 2 2 2 B z は、ベッド 2 0 6 下方に配設される。なお、X 軸拘束コイル 2 2 2 B x - 1 / 2 2 2 B x - 2 と Y 軸拘束コイル 2 2 2 B y - 1 / 2 2 2 B y - 2 と Z 軸拘束コイル 2 2 2 B z とは、重畳していてもよい。また、X 軸拘束コイル 2 2 2 B x - 1 および 2 2 2 B x - 2、Y 軸拘束コイル 2 2 2 B y - 1 および 2 2 2 B y - 2、ならびに、Z 軸拘束コイル 2 2 2 B z が形成する磁界の磁力線は、上記変形例 1 - 1 による拘束磁界発生コイル 2 2 2 A と同様である。

【 0 0 7 0 】

つぎに、拘束磁界発生コイル 2 2 2 が発生する拘束磁界 $B \text{ trap}$ について、図面を用いて詳細に説明する。図 1 6 は、本実施の形態 1 による拘束磁界 $B \text{ trap}$ の強度分布とこの拘束磁界 $B \text{ trap}$ によってカプセル内視鏡 1 0 0 に作用する拘束力 $F_t 1$ および $F_t 2$ との関係を示す図である。なお、図 1 6 (a) は液体 9 1 0 に浮遊するカプセル内視鏡 1 0 0 に作用する拘束力 $F_t 1$ および $F_t 2$ を説明するための図であり、図 1 6 (b) は拘束磁界発生コイル 2 2 2 が検出空間 K 内に形成する拘束磁界 $B \text{ trap}$ の強度分布の一例を示す図である。

【 0 0 7 1 】

拘束磁界発生コイル 2 2 2 は、図 1 6 (b) に示すように、中心 Z 軸 A z に磁界強度のピークを持つ拘束磁界 $B \text{ trap}$ を検出空間 K 内に形成する。このため、カプセル内視鏡 1 0 0 には、図 1 6 (a) に示すように、カプセル内視鏡 1 0 0 内の永久磁石 1 1 0 を中心 Z 軸 A z 付近に引き込もうとする拘束力 $F_t 1 / F_t 2$ が働く。例えばカプセル内視鏡 1 0 0 の液体 9 1 0 の液面付近での位置が中心 Z 軸 A z から - X 方向 / - Y 方向に外れた場合、カプセル内視鏡 1 0 0 には、これを中心 Z 軸 A z に近づけようとする拘束力 $F_t 1$

10

20

30

40

50

が働く。また、例えばカプセル内視鏡100の液体910の液面付近での位置が中心Z軸AzからX方向/Y方向に外れた場合、カプセル内視鏡100には、これを中心Z軸Azに近づけようとする拘束力Ft2が働く。この結果、カプセル内視鏡100を中心Z軸Az付近に停めることが可能となる。ここで、本実施の形態1では、カプセル内視鏡100の液体910に対する比重が1より小さいため、カプセル内視鏡100の中心Z軸Az上での位置は、液体910の液面付近となる。一方、液体910の液面は、X-Y平面に相当する。なお、図16(b)の横軸は、X軸上またはY軸上の位置である。

【0072】

また、永久磁石110は、カプセル内視鏡100の筐体120に固定されている。このため、図17に示すように、永久磁石110が拘束磁界Btrapと作用することで永久磁石110の磁極の向きDmpが拘束磁界Btrapの磁力線Ltrapの向きと平行となる。この結果、カプセル内視鏡100の長軸Laの向きが磁力線Ltrapの向きと垂直となる。一方で、上述したように、カプセル内視鏡100の液体910に対する比重は1より小さい。したがって、カプセル内視鏡100の長軸Laの向きのZ軸成分は、常に正(鉛直方向)となる。本実施の形態1では、この2つのパラメータ(拘束磁界Btrapの磁力線の向き、および、カプセル内視鏡100の液体910に対する比重(< 1))を用いて、液体910中でのカプセル内視鏡100の姿勢を一意に制御する。なお、図17は、拘束磁界Btrapにより制御されるカプセル内視鏡100の向きを説明するための図である。

【0073】

例えば液体910の水面における中心Z軸Az付近の磁力線Ltrapの向きがX-Y平面に対しての仰角を持つ場合、カプセル内視鏡100の長軸Laの向きは、中心Z軸Azに対しての傾きを持ち、且つ、長軸LaのZ軸成分が上向き(+Z軸方向)となる。ただし、本実施の形態1において、拘束磁界Btrapの磁界強度は、磁力線Ltrapの向きと永久磁石110の磁極の向きとを略一致させることが可能な強度であるとする。なお、略一致とは、誤差を無視できる程度に一致していることを意味する。

【0074】

つぎに、本実施の形態1による勾配磁界発生コイル232の一例について、図面を用いて詳細に説明する。図18は、勾配磁界発生コイル232の一例を示す斜視図である。図19Aは、勾配磁界発生コイル232におけるX/Y軸勾配コイル232x-1/232y-1および232x-2/232y-2がそれぞれ形成する非対称磁界Basx1/Basy1およびBasx2/Basy2の一例を示す概念図である。図19Bは、図19Aに示すX/Y軸勾配コイル232x-1/232y-1および232x-2/232y-2が形成する勾配磁界Bgradの強度分布の一例を示す図である。

【0075】

図18に示すように、勾配磁界発生コイル232は、ベッド206上の検出空間KをX軸方向および-X軸方向から挟むように配置された1対のX軸勾配コイル232x-1および232x-2と、同じく検出空間KをY軸および-Y軸方向から挟むように配置された1対のY軸勾配コイル232y-1および232y-2と、を備える。なお、勾配磁界発生コイル232は、相対位置制御部240によってその位置が制御されるように構成されても制御されないように構成されてもよい。以下では、勾配磁界発生コイル232が検出空間Kに対して固定されている場合、すなわち、相対位置制御部240によって位置が制御されない場合について説明する。

【0076】

X/Y軸勾配コイル232x-1/232y-1および232x-2および232y-2は、それぞれ非対称磁界Basx1/Basy1およびBasx2/Basy2を発生する。非対称磁界Basx1/Basy1およびBasx2/Basy2は、その磁界強度が異なる。すなわち、図4に示す勾配磁界発生部230は、X/Y軸勾配コイル232x-1/232y-1および232x-2および232y-2それぞれが発生する非対称磁界Basx1/Basy1およびBasx2/Basy2の磁界強度を制御することが

できる。

【0077】

そこで本実施の形態1では、図19Aに示すように、対向するX/Y軸勾配コイルコイル232x-1/232y-1および232x-2および232y-2が発生する非対称磁界Basx1/Basy1およびBasx2/Basy2の磁界強度のバランスを調整することで、図19Bに示すように、カプセル内視鏡100（特に永久磁石110）を目的の方向へ付勢するための勾配磁界Bgradを検出空間Kに形成する。なお、図19Aおよび図19Bに示す例では、カプセル内視鏡100をX/Y軸方向へ付勢する勾配磁界Bgradが形成される。

【0078】

また、勾配磁界Bgradの発生源には、図18に示す勾配磁界発生コイル232に限らず、例えば図20に示すような勾配磁界発生コイル232Aを用いることも可能である。図20は、本実施の形態1の変形例1-3による勾配磁界発生コイル232Aの一例を示す斜視図である。図21Aは、勾配磁界発生コイル232AにおけるX/Y軸勾配コイル232Ax-1/232Ay-1および232Ax-2/232Ay-2がそれぞれ形成する非対称磁界Basx1a/Basy1aおよびBasx2a/Basy2aの一例を示す概念図である。図21Bは、図21Aに示すX/Y軸勾配コイル232Ax-1/232Ay-1および232Ax-2/232Ay-2が形成する勾配磁界Bgradの強度分布の一例を示す図である。

【0079】

図20に示すように、勾配磁界発生コイル232Aは、ベッド206の載置面と略平行な面にそれぞれ配置されたX軸勾配コイル232Ax-1および232Ax-2、ならびに、Y軸勾配コイル232Ay-1および232Ay-2を備える。1対のX軸勾配コイル232Ax-1および232Ax-2は、X軸に沿って配列するように、ベッド206の下方に配設される。同様に、Y軸勾配コイル232Ay-1および232Ay-2は、Y軸に沿って配列するように、ベッド206の下方に配設される。なお、X軸勾配コイル232Ax-1/232Ax-2とY軸勾配コイル232Ay-1/232Ay-2とは、重畳していてもよい。

【0080】

X/Y軸勾配コイル232Ax-1/232Ay-1および232Ax-2/232Ay-2は、X/Y軸勾配コイル232x-1/232y-1および232x-2/232y-2と同様に、磁界強度が異なる非対称磁界Basx1a/Basy1aおよびBasx2a/Basy2aをそれぞれ発生する。

【0081】

したがって、図21Aに示すように、対向するX/Y軸勾配コイル232Ax-1/232Ay-1および232Ax-2および232Ay-2が発生する非対称磁界Basx1a/Basy1aおよびBasx2a/Basy2aの磁界強度のバランスを調整することで、図21Bに示すように、カプセル内視鏡100（特に永久磁石110）を目的の方向へ付勢するための勾配磁界Bgradを検出空間Kに形成することができる。

【0082】

つぎに、本実施の形態1によるカプセル内視鏡システム1の動作について、図面を用いて詳細に説明する。以下の説明では、カプセル内視鏡システム1における位置制御装置200がベッド206（すなわち被検体900）と拘束磁界発生コイル222（すなわち中心Z軸Az）との相対位置を変更する際の動作に着目して説明する。図22は、位置制御装置200がベッド206と拘束磁界発生コイル222との相対位置を変更する際の概略全体動作例を示すフローチャートである。図23は、図22における相対位置制御処理（ステップS103）の具体例を示すフローチャートである。

【0083】

まず、図22に示すように、位置制御装置200は、起動後、まず、拘束磁界発生部220を駆動することで、検出空間K内に拘束磁界Btrapを形成する（ステップS10

10

20

30

40

50

1)。具体的には、磁界発生部210の拘束磁界発生部220に所定波形の信号を生成させ、これを拘束磁界発生コイル222に入力する。これにより、検出空間K内に、被検体900内のカプセル内視鏡100を中心Z軸Az上に停めようとする拘束磁界B trapが形成され、カプセル内視鏡100に中心Z軸Azへ付勢する力(拘束力Ft1およびFt2)が作用する(図16参照)。なお、この段階で、ベッド206上、すなわち検出空間K内には、例えば胃内に液体910およびカプセル内視鏡100が導入された被検体900が載置されている。また、以降、拘束磁界B trapの形成を終了する指示が入力されるまで(例えば本動作を終了するまで)、検出空間K内には拘束磁界B trapが形成される。

【0084】

次に、位置制御装置200は、例えばユーザによって操作部260から被検体900と中心Z軸Azとの相対位置を変更する相対位置変更指示が入力されたか否かを判定し(ステップS102)、相対位置変更指示が入力されるまで本動作を待機する(ステップS102のNo)。なお、操作部260に入力された相対位置変更指示は、制御部250を介して相対位置制御部240および磁界発生部210に入力される。

【0085】

相対位置変更指示が入力されると(ステップS102のYes)、位置制御装置200は、ベッド206と拘束磁界発生コイル222との相対位置を変更する相対位置制御処理を実行する(ステップS103)。なお、相対位置制御処理の具体例については、以下に図23を用いて詳細に説明する。

【0086】

相対位置制御処理によってベッド206と拘束磁界発生コイル222との相対位置を変更すると、その後位置制御装置200は、例えば操作部260から終了指示が入力されたか否かを判定し(ステップS104)、終了指示が入力された場合(ステップS104のYes)、本動作を終了する。一方、終了指示が入力されていない場合(ステップS104のNo)、位置制御装置200は、ステップS102へ帰還し、その後の動作を実行する。

【0087】

次に、図22のステップS103における相対位置制御処理の具体例について、図23を用いて詳細に説明する。なお、本説明では、相対位置制御部240がベッド206のみを移動させてベッド206(すなわち被検体900)と拘束磁界発生コイル222(すなわち中心Z軸Az)との相対位置を変更する場合を例に挙げて説明する。

【0088】

図23に示すように、相対位置制御処理では、位置制御装置200は、まず、制御部250において、例えば操作部260から入力された目標となる相対位置(目標相対位置)を特定し(ステップS131)、続いて、同じく制御部250において、目標相対位置へベッド206を移動させる際の移動量を算出する(ステップS132)。なお、本例では、制御部250において水平面(X-Y平面)中のベッド206の移動量(ベクトル量)が算出される。

【0089】

次に、位置制御装置200は、制御部250において、ステップS132において算出した移動量(ベクトル量)分、ベッド206を移動させるためにベッド206に連結された不図示の駆動機構へ入力する駆動信号の波形(以下、駆動信号波形という)を算出する(ステップS133)。なお、算出された駆動信号波形は、制御部250より相対位置制御部240へ入力される。

【0090】

次に、位置制御装置200は、制御部250において、ステップS133において算出した駆動信号波形によるベッド206の移動に応じて磁界強度が変化する勾配磁界B gradを勾配磁界発生コイル232に発生させる信号(以下、勾配信号という)の波形(以下、勾配信号波形という)を算出する(ステップS134)。なお、勾配信号波形の具体

10

20

30

40

50

例については、後述する動作パターン 1 ~ 6 の説明において触れる。

【 0 0 9 1 】

次に、位置制御装置 2 0 0 は、制御部 2 5 0 において生成した駆動信号波形を相対位置制御部 2 4 0 に入力すると共に、制御部 2 5 0 において生成した勾配信号波形を磁界発生部 2 1 0 に入力することで、ベッド 2 0 6 と拘束磁界発生コイル 2 2 2 との相対位置が目標相対位置となるようにベッド 2 0 6 を移動すると共に、この際にカプセル内視鏡 1 0 0 が中心 Z 軸 A z から外れようとするのを抑制するための力をカプセル内視鏡 1 0 0 に発生させる勾配磁界 B g r a d を検出空間 K 内に形成する（ステップ S 1 3 5）。その後、位置制御装置 2 0 0 は、図 2 2 に示す動作へリターンする。この結果、ベッド 2 0 6 と拘束磁界発生コイル 2 2 2 との相対位置を変化させた際にカプセル内視鏡 1 0 0 が中心 Z 軸 A z 付近から離れてしまうことを防止できる。

10

【 0 0 9 2 】

つぎに、相対位置制御部 2 4 0 と磁界発生部 2 1 0 との動作パターンについて、図面を用いて詳細に説明する。なお、以下の説明では、相対位置制御部 2 4 0 がベッド 2 0 6 を水平移動する場合であって、ベッド 2 0 6 の移動中（動作パターン 1）、ベッド 2 0 6 の移動開始時（動作パターン 2）、または、ベッド 2 0 6 の加速期間中および減速期間中（動作パターン 3）に、勾配磁界 B g r a d を発生させる場合と、相対位置制御部 2 4 0 が拘束磁界発生コイル 2 2 2 を水平移動する場合であって、拘束磁界発生コイル 2 2 2 の移動中（動作パターン 4）、拘束磁界発生コイル 2 2 2 の移動開始時（動作パターン 5）、または、拘束磁界発生コイル 2 2 2 の加速期間中および減速期間中（動作パターン 6）に、勾配磁界 B g r a d を発生させる場合と、をそれぞれ例に挙げて説明する。

20

【 0 0 9 3 】

図 2 4 A は本実施の形態 1 による動作パターン 1 を説明するためのタイミングチャートであり、図 2 4 B は本実施の形態 1 による動作パターン 2 を説明するためのタイミングチャートであり、図 2 4 C は本実施の形態 1 による動作パターン 3 を説明するためのタイミングチャートである。図 2 5 は、図 2 4 C に示す動作パターン 3 においてベッド 2 0 6 の加速期間中にカプセル内視鏡 1 0 0 に生じる力と検出空間 K 内に形成する勾配磁界 B g r a d との例を示す概念図である。図 2 6 は、図 2 4 C に示す動作パターン 3 においてベッド 2 0 6 の減速期間中にカプセル内視鏡 1 0 0 に生じる力と検出空間 K 内に形成する勾配磁界 B g r a d との例を示す概念図である。また、図 2 7 A は本実施の形態 1 による動作パターン 4 を説明するためのタイミングチャートであり、図 2 7 B は本実施の形態 1 による動作パターン 5 を説明するためのタイミングチャートであり、図 2 7 C は本実施の形態 1 による動作パターン 6 を説明するためのタイミングチャートである。図 2 8 は、図 2 7 C に示す動作パターン 6 においてベッド 2 0 6 の加速期間中にカプセル内視鏡 1 0 0 に生じる力と検出空間 K 内に形成する勾配磁界 B g r a d との例を示す概念図である。図 2 9 は、図 2 7 C に示す動作パターン 6 においてベッド 2 0 6 の減速期間中にカプセル内視鏡 1 0 0 に生じる力と検出空間 K 内に形成する勾配磁界 B g r a d との例を示す概念図である。

30

【 0 0 9 4 】

なお、拘束信号波形および拘束磁界強度は、動作パターン 1 ~ 6 で同じであるため、図 2 4 B および図 2 4 C ならびに図 2 7 A ~ 図 2 7 C では拘束信号波形および拘束磁界強度を省略する。また、図 2 4 A ~ 図 2 4 C および図 2 7 A ~ 図 2 7 C に示す例では、波形が矩形波である勾配信号を例に挙げているが、本発明はこれに限定されず、例えば台形型の勾配信号など、種々変形できることは言うまでもない。

40

【 0 0 9 5 】

図 2 4 A に示すように、動作パターン 1 では、相対位置制御部 2 4 0 がベッド 2 0 6 を移動させる期間（図 2 4 A (c) のタイミング $t_{11} \sim t_{12}$ 参照）中、磁界発生部 2 1 0 が勾配信号（図 2 4 A (d) のタイミング $t_{11} \sim t_{12}$ 参照）を勾配磁界発生部 2 3 0 に生成させ、この勾配信号を勾配磁界発生コイル 2 3 2 に入力する。

【 0 0 9 6 】

50

ここで、ベッド206を移動させる場合、カプセル内視鏡100を中心Z軸Az付近に停めるためには、ベッド206と共に移動する被検体900内の系(すなわち液体910中)でカプセル内視鏡100をベッド206の移動方向と反対方向へ移動させる必要がある。すなわち、カプセル内視鏡100を液体910の液面付近でベッド206の移動方向と反対方向へ推進させる必要がある。ただし、カプセル内視鏡100を液体910に対して推進させようとする、カプセル内視鏡100には推進方向と反対方向(すなわちベッド206の移動方向)への摩擦力が発生する。このため、カプセル内視鏡100はベッド206の移動方向へ移動しようとしてしまう。そこで本動作パターン1では、ベッド206の移動期間中、ベッド206の移動方向と反対方向へカプセル内視鏡100を付勢する力を永久磁石110に発生させる勾配磁界Bgradを検出空間K内に形成する(図24A(e)のタイミングt11~t12参照)。これにより、カプセル内視鏡100に生じる摩擦力を打ち消すことができ、結果、カプセル内視鏡100を拘束磁界Btrapのピーク磁界付近(すなわち中心Z軸Az付近)に停めておくことが可能となる。

10

【0097】

なお、磁界発生部210は、動作中常時または適宜、拘束磁界発生部220を駆動することで、拘束信号(図24A(a)参照)を拘束磁界発生部220に生成させ、この拘束信号を拘束磁界発生コイル222に入力しているものとする。したがって、磁界発生部210の動作中常時または適宜、検出空間K内にはカプセル内視鏡100を中心Z軸Az上に停めておくための拘束磁界Btrapが形成されているものとする(図24A(b)参照)。

20

【0098】

また、図24Bに示すように、動作パターン2では、相対位置制御部240によるベッド206の移動開始時(図24B(a)のタイミングt21~t22参照)に、磁界発生部210が勾配信号(図24B(b)のタイミングt21~t22参照)を勾配磁界発生部230に生成させ、この勾配信号を勾配磁界発生コイル232に入力する。

【0099】

ここで、ベッド206を移動させる場合、特にベッド206の移動開始時には、ベッド206と共に移動する被検体900内に導入された液体910が慣性力によってベッド206の移動方向と反対側に片寄り、その後、波返しによって静止時の状態に戻る。この際の波返しによって、カプセル内視鏡100には、ベッド206の定速移動時よりも強い水平方向の力が働く。なお、この力は、ベッド206の移動方向と同じ方向へ向く。このため、カプセル内視鏡100は、特にベッド206の移動開始時に、中心Z軸Azから強く外れようとする。

30

【0100】

そこで本動作パターン2では、ベッド206の移動開始時に、ベッド206の移動方向と反対方向へカプセル内視鏡100を付勢する力を永久磁石110に発生させる勾配磁界Bgradを検出空間K内に一時的に形成する(図24B(c)のタイミングt21~t22参照)。これにより、ベッド206の移動開始時に液体910がカプセル内視鏡100に加える強い力を打ち消すことができ、結果、カプセル内視鏡100を拘束磁界Btrapのピーク磁界付近(すなわち中心Z軸Az付近)に停めておくことが可能となる。

40

【0101】

なお、動作パターン2では、ベッド206が一定速度で移動する際に液体910がカプセル内視鏡100に生じさせる摩擦力については無視する。ただし、これに限らず、ベッド206が一定速度で移動する際に液体910がカプセル内視鏡100に与える摩擦力を打ち消すために、上記動作パターン1を本動作パターン2に組み合わせてもよい。また、本動作パターン2では、ベッド206の移動開始時の波返しによってカプセル内視鏡100が液体910から受ける力を打ち消すようにしたが、これに限らず、例えばベッド206の停止時の波返しによってカプセル内視鏡100が液体910から受ける力を打ち消すようにしてもよい。

【0102】

50

さらに、図24Cに示すように、動作パターン3では、相対位置制御部240によるベッド206の加速期間(図24C(b)のタイミング $t_{31} \sim t_{32}$ 参照)中、すなわち相対位置制御部240がベッド206を加速するための駆動信号を不図示の駆動機構に入力している期間(図24C(a)のタイミング $t_{31} \sim t_{32}$ 参照)中、磁界発生部210が勾配信号(図24C(d)のタイミング $t_{31} \sim t_{32}$ 参照)を勾配磁界発生部230に生成させ、この勾配信号を勾配磁界発生コイル232に入力する。

【0103】

ここで、図25(a)に示すように、ベッド206の加速期間中、カプセル内視鏡100には、ベッド206上の被検体900内の系と共に移動しようとする力、すなわち被検体900内に導入された液体910の移動と共に移動しようとする慣性力 F_{ina} が作用する。この慣性力 F_{ina} は、ベッド206の加速方向、すなわちベッド206の移動方向と同じ方向を向く。このため、カプセル内視鏡100は、ベッド206の加速期間中、中心Z軸Azから外れようとする。

10

【0104】

そこで本動作パターン3では、ベッド206の加速期間中、ベッド206の加速方向と反対方向の力(打消力 F_{cna})を永久磁石110に発生させる勾配磁界 B_{grad} を検出空間K内に一時的に形成する(図24C(e)のタイミング $t_{31} \sim t_{32}$ および図25(b)参照)。これにより、ベッド206の加速期間中、カプセル内視鏡100に生じる慣性力 F_{ina} を打ち消すことができ、結果、カプセル内視鏡100を拘束磁界 B_{trap} のピーク磁界付近(すなわち中心Z軸Az付近)に停めておくことが可能となる。

20

【0105】

一方、図24Cに示すように、動作パターン3では、相対位置制御部240によるベッド206の減速期間(図24C(b)のタイミング $t_{33} \sim t_{34}$ 参照)中、すなわち相対位置制御部240がベッド206を減速するための駆動信号を不図示の駆動機構に入力している期間(図24C(a)のタイミング $t_{33} \sim t_{34}$ 参照)中、磁界発生部210が勾配信号(図24C(d)のタイミング $t_{33} \sim t_{34}$ 参照)を勾配磁界発生部230に生成させ、この勾配信号を勾配磁界発生コイル232に入力する。

【0106】

ここで、図26(a)に示すように、ベッド206の減速期間中、カプセル内視鏡100には、ベッド206の加速期間中に働く慣性力 F_{ina} と反対向きの慣性力 F_{inb} が作用する。このため、カプセル内視鏡100は、特にベッド206の減速期間中、中心Z軸Azから外れようとする。

30

【0107】

そこで本動作パターン3では、ベッド206の減速期間中、ベッド206の減速方向と反対方向の力(打消力 F_{cnb})を永久磁石110に発生させる勾配磁界 B_{grad} を検出空間K内に一時的に形成する(図24C(e)のタイミング $t_{33} \sim t_{34}$ および図26(b)参照)。これにより、ベッド206の減速期間中、カプセル内視鏡100に生じる慣性力 F_{inb} を打ち消すことができ、結果、カプセル内視鏡100を拘束磁界 B_{trap} のピーク磁界付近(すなわち中心Z軸Az付近)に停めておくことが可能となる。

40

【0108】

なお、動作パターン3では、ベッド206が一定速度で移動する際に液体910がカプセル内視鏡100に与える摩擦力、および、ベッド206の移動開始時の波返しによってカプセル内視鏡100が液体910から受ける力については無視する。ただし、これに限らず、ベッド206が一定速度で移動する際に液体910がカプセル内視鏡100に与える摩擦力、および/または、ベッド206の移動開始時の波返しによってカプセル内視鏡100が液体910から受ける力を打ち消すために、上記動作パターン1および/または2を本動作パターン3に組み合わせてもよい。

【0109】

50

また、図 27A に示すように、動作パターン 4 では、相対位置制御部 240 が拘束磁界発生コイル 222 を移動させる期間（図 27A (a) のタイミング $t_{41} \sim t_{42}$ 参照）中、磁界発生部 210 が勾配信号（図 27A (b) のタイミング $t_{41} \sim t_{42}$ 参照）を勾配磁界発生部 230 に生成させ、この勾配信号を勾配磁界発生コイル 232 に入力する。

【0110】

ここで、拘束磁界発生コイル 222 を移動させる場合、カプセル内視鏡 100 を中心 Z 軸 Az 付近に停めるためには、被検体 900 内に導入された液体 910 中でカプセル内視鏡 100 を拘束磁界発生コイル 222 の移動方向と同じ方向へ移動させる必要がある。すなわち、カプセル内視鏡 100 を液体 910 の液面付近で拘束磁界発生コイル 222 の移動方向と同じ方向へ推進させる必要がある。ただし、カプセル内視鏡 100 を液体 910 に対して推進させようとする、カプセル内視鏡 100 には推進方向（すなわち拘束磁界発生コイル 222 の移動方向）と反対方向の摩擦力が発生する。このため、カプセル内視鏡 100 は拘束磁界発生コイル 222 の移動と共に移動する拘束磁界 B trap のピーク磁界に付いていけず、拘束磁界発生コイル 222 の移動に対して遅れて移動することになる。そこで本動作パターン 4 では、拘束磁界発生コイル 222 の移動期間中、拘束磁界発生コイル 222 の移動方向と同じ方向へカプセル内視鏡 100 を付勢する力を永久磁石 110 に発生させる勾配磁界 B grad を検出空間 K 内に形成する（図 27A (c) のタイミング $t_{41} \sim t_{42}$ 参照）。これにより、カプセル内視鏡 100 に生じる摩擦力を打ち消すことができ、結果、カプセル内視鏡 100 を拘束磁界 B trap のピーク磁界付近（すなわち中心 Z 軸 Az 付近）に停めておくことが可能となる。

【0111】

また、図 27B に示すように、動作パターン 5 では、相対位置制御部 240 による拘束磁界発生コイル 222 の移動開始時（図 27B (a) のタイミング $t_{51} \sim t_{52}$ 参照）に、磁界発生部 210 が勾配信号（図 27B (b) のタイミング $t_{51} \sim t_{52}$ 参照）を勾配磁界発生部 230 に生成させ、この勾配信号を勾配磁界発生コイル 232 に入力する。

【0112】

ここで、勾配磁界発生コイル 232 を移動させる場合、特に勾配磁界発生コイル 232 の移動開始時では、カプセル内視鏡 100 にはその場に停まるとうとする慣性力が働いている。このため、カプセル内視鏡 100 は拘束磁界発生コイル 222 の移動と共に移動する拘束磁界 B trap のピーク磁界に付いていけず、拘束磁界発生コイル 222 の移動に対して遅れて移動することになる。

【0113】

そこで本動作パターン 5 では、拘束磁界発生コイル 222 の移動開始時に、拘束磁界発生コイル 222 の移動方向と同じ方向へカプセル内視鏡 100 を付勢する力を永久磁石 110 に発生させる勾配磁界 B grad を検出空間 K 内に一時的に形成する（図 27B (c) のタイミング $t_{51} \sim t_{52}$ 参照）。これにより、拘束磁界発生コイル 222 の移動開始に合わせてカプセル内視鏡 100 を移動開始することができ、結果、カプセル内視鏡 100 を拘束磁界 B trap のピーク磁界付近（すなわち中心 Z 軸 Az 付近）に停めておくことが可能となる。

【0114】

なお、動作パターン 5 では、拘束磁界発生コイル 222 が一定速度で移動する際に液体 910 がカプセル内視鏡 100 に生じさせる摩擦力については無視する。ただし、これに限らず、拘束磁界発生コイル 222 が一定速度で移動する際に液体 910 がカプセル内視鏡 100 に与える摩擦力を打ち消すために、上記動作パターン 4 を本動作パターン 5 に組み合わせてもよい。また、本動作パターン 5 では、拘束磁界発生コイル 222 の移動開始時のカプセル内視鏡 100 の移動開始の遅れを解消するようにしたが、これに限らず、例えば拘束磁界発生コイル 222 の停止時の慣性力によってカプセル内視鏡 100 の停止が遅れることを解消するようにしてもよい。

【 0 1 1 5 】

さらに、図 2 7 C に示すように、動作パターン 6 では、相対位置制御部 2 4 0 による拘束磁界発生コイル 2 2 2 の加速期間（図 2 7 C (b) のタイミング $t_{61} \sim t_{62}$ 参照）中、すなわち相対位置制御部 2 4 0 が拘束磁界発生コイル 2 2 2 を加速するための駆動信号を不図示の駆動機構に入力している期間（図 2 7 C (a) のタイミング $t_{61} \sim t_{62}$ 参照）中、磁界発生部 2 1 0 が勾配信号（図 2 7 C (d) のタイミング $t_{61} \sim t_{62}$ 参照）を勾配磁界発生部 2 3 0 に生成させ、この勾配信号を勾配磁界発生コイル 2 3 2 に入力する。

【 0 1 1 6 】

ここで、図 2 8 (a) に示すように、拘束磁界発生コイル 2 2 2 の加速期間中、カプセル内視鏡 1 0 0 には、その場に停まろうとする力、慣性力 F_{inc} が作用する。この慣性力 F_{inc} は、拘束磁界発生コイル 2 2 2 の加速方向と反対方向、すなわち拘束磁界発生コイル 2 2 2 の移動方向と反対方向を向く。このため、カプセル内視鏡 1 0 0 は、拘束磁界発生コイル 2 2 2 の加速期間中、中心 Z 軸 A_z から外れようとする。

10

【 0 1 1 7 】

そこで本動作パターン 6 では、拘束磁界発生コイル 2 2 2 の加速期間中、拘束磁界発生コイル 2 2 2 の加速方向と同じ方向の力（打消力 F_{cnc} ）を永久磁石 1 1 0 に発生させる勾配磁界 B_{grad} を検出空間 K 内に一時的に形成する（図 2 7 C (e) のタイミング $t_{61} \sim t_{62}$ および図 2 8 (b) 参照）。これにより、拘束磁界発生コイル 2 2 2 の加速期間中、カプセル内視鏡 1 0 0 に生じる慣性力 F_{inc} を打ち消すことができ、結果、カプセル内視鏡 1 0 0 を拘束磁界 B_{trap} のピーク磁界付近（すなわち中心 Z 軸 A_z 付近）に停めておくことが可能となる。

20

【 0 1 1 8 】

一方、図 2 7 C に示すように、動作パターン 6 では、相対位置制御部 2 4 0 による拘束磁界発生コイル 2 2 2 の減速期間（図 2 7 C (b) のタイミング $t_{63} \sim t_{64}$ 参照）中、すなわち相対位置制御部 2 4 0 が拘束磁界発生コイル 2 2 2 を減速するための駆動信号を不図示の駆動機構に入力している期間（図 2 7 C (a) のタイミング $t_{63} \sim t_{64}$ 参照）中、磁界発生部 2 1 0 が勾配信号（図 2 7 C (d) のタイミング $t_{63} \sim t_{64}$ 参照）を勾配磁界発生部 2 3 0 に生成させ、この勾配信号を勾配磁界発生コイル 2 3 2 に入力する。

30

【 0 1 1 9 】

ここで、図 2 9 (a) に示すように、拘束磁界発生コイル 2 2 2 の減速期間中、カプセル内視鏡 1 0 0 には、拘束磁界発生コイル 2 2 2 の移動を追従する移動による慣性力 F_{ind} が作用する。この慣性力 F_{ind} は、拘束磁界発生コイル 2 2 2 の加速時の慣性力 F_{inc} とは反対方向を向く。このため、カプセル内視鏡 1 0 0 は、特に拘束磁界発生コイル 2 2 2 の減速期間中、中心 Z 軸 A_z から外れようとする。

【 0 1 2 0 】

そこで本動作パターン 6 では、拘束磁界発生コイル 2 2 2 の減速期間中、拘束磁界発生コイル 2 2 2 の減速方向と同じ方向の力（打消力 F_{cnd} ）を永久磁石 1 1 0 に発生させる勾配磁界 B_{grad} を検出空間 K 内に一時的に形成する（図 2 7 C (e) のタイミング $t_{63} \sim t_{64}$ および図 2 9 (b) 参照）。これにより、拘束磁界発生コイル 2 2 2 の減速期間中、カプセル内視鏡 1 0 0 に生じる慣性力 F_{ind} を打ち消すことができ、結果、カプセル内視鏡 1 0 0 を拘束磁界 B_{trap} のピーク磁界付近（すなわち中心 Z 軸 A_z 付近）に停めておくことが可能となる。

40

【 0 1 2 1 】

以上のように動作することで、本実施の形態 1 では、被検体 9 0 0 と拘束磁界発生コイル 2 2 2 の中心 Z 軸 A_z との相対位置を変化させるとき、相対位置を変化させる方向と同じ方向または反対の方向にカプセル内視鏡 1 0 0（特に永久磁石 1 1 0）を付勢する勾配磁界 B_{grad} を検出空間 K 内に形成する。すなわち、中心 Z 軸 A_z に永久磁石 1 1 0 を引き付ける拘束磁界成分（拘束磁界 B_{trap} ）と、相対位置を変化させる方向と同じま

50

たは反対の方向に永久磁石 110 を付勢する勾配磁界成分 (勾配磁界 B_{grad}) と、の少なくとも一方を含む磁界を被検体 900 が配置された検出空間 K に形成する。これにより、本実施の形態 1 では、相対位置の変化時にカプセル内視鏡 100 が中心 Z 軸 A_z から外れてしまうことが低減され、結果、カプセル内視鏡 100 が所望の拘束位置にトラップされた状態を的確に保つことが可能となる。

【0122】

なお、上記実施の形態 1 では、カプセル内視鏡 100 が液体 910 の液面付近に浮遊する場合を例に挙げたが、本発明はこれに限定されず、例えば永久磁石 110 を鉛直方向、すなわち液体 910 中へ引き込む方向へ付勢する磁界を発生し、これにより、液体 910 中をカプセル内視鏡 100 が潜泳するようにしてもよい。

10

【0123】

(実施の形態 2)

つぎに、本発明の実施の形態 2 によるカプセル内視鏡システム 2 を、図面を用いて詳細に説明する。本実施の形態 2 では、上記実施の形態 1 と同様のカプセル内視鏡 100 を被検体内導入装置として用いるカプセル内視鏡システム 2 を例に挙げる。ただし、上記実施の形態 1 と同様に、例えば被検体の食道から肛門にかけて管腔内を移動する途中で撮像動作を実行することで被検体内部の画像を取得する単眼または複眼のカプセル内視鏡など、種々の被検体内導入装置を用いることが可能である。また、以下の説明において、上記実施の形態 1 と同様の構成については、同一の符号を付し、その重複する説明を省略する。

【0124】

20

図 30 は、本実施の形態 2 によるカプセル内視鏡システム 2 の構成を示すブロック図である。図 30 に示すように、カプセル内視鏡システム 2 は、図 4 に示すカプセル内視鏡システム 1 と同様の構成において、位置制御装置 200 が位置制御装置 400 に置き換えられている。

【0125】

位置制御装置 400 は、後述する拘束磁界 B_{trap} を形成する磁界発生部 410 と、被検体 900 と拘束磁界 B_{trap} の中心 Z 軸 A_z との相対位置を制御する相対位置制御部 240 と、磁界発生部 410 および相対位置制御部 240 を制御する制御部 250 と、ユーザが制御部 250 に対して各種制御命令を入力する操作部 260 と、を備える。なお、相対位置制御部 240 と制御部 250 と操作部 260 とは、上記実施の形態 1 と同様である。

30

【0126】

磁界発生部 410 は、拘束磁界 B_{trap} を発生させる拘束 / 勾配磁界発生部 420 を含む。拘束 / 勾配磁界発生部 420 は、上記実施の形態 1 と同様の拘束磁界発生コイル 222 に電気的に接続される。なお、拘束磁界発生コイル 222 は、上記実施の形態 1 と同様に、例えば位置制御装置 400 の筐体 (図 5 の筐体 202 に相当) 内であってベッド 206 下方に設置される。

【0127】

拘束 / 勾配磁界発生部 420 は、ベッド 206 と拘束磁界発生コイル 222 の中心 Z 軸 A_z との相対位置を変化させないとき、例えば制御部 250 からの制御に従って、特定の振幅を持った電流信号 (以下、拘束信号という) を生成し、この拘束信号を拘束磁界発生コイル 222 に入力する。これにより、検出空間 K 内に永久磁石 110 を備えたカプセル内視鏡 100 を目的の位置 (拘束磁界 B_{trap} における拘束磁界成分の中心 Z 軸 A_z 上の位置) に停めておくための拘束磁界 B_{trap} が形成される。

40

【0128】

また、拘束 / 勾配磁界発生部 420 は、相対位置制御部 240 がベッド 206 と拘束磁界発生コイル 222 の中心 Z 軸 A_z との相対位置を変化させる際、例えば制御部 250 からの制御に従って、磁界強度のピークが目的の方向にずれたシフト拘束磁界 B_{strp} を拘束磁界発生コイル 222 に形成させる電流信号 (以下、シフト拘束信号という) を生成し、このシフト拘束信号を拘束磁界発生コイル 222 に入力する。これにより、検出空間

50

K内に永久磁石110を備えたカプセル内視鏡100を目的の方向(例えばベッド206の加速方向または加速方向と反対の方向)へ付勢しつつ中心Z軸Az付近に停めておくことが可能なシフト拘束磁界Bstrpが形成されるため、ベッド206と拘束磁界発生コイル222の中心Z軸Azとの相対位置の変化時にカプセル内視鏡100が中心Z軸Azから外れてしまうことを抑制することが可能となる。

【0129】

このように本実施の形態2では、拘束/勾配磁界発生部420およびこれに接続された拘束磁界発生コイル222を含む磁界発生部410が、中心Z軸Azに永久磁石110を引き付ける拘束磁界成分(拘束磁界Btrap)と、相対位置を変化させる方向と同じまたは反対の方向に永久磁石110を付勢する勾配磁界成分(勾配磁界Bgrad)と、の

10

【0130】

つぎに、拘束/勾配磁界発生部420が生成するシフト拘束信号ならびに拘束磁界発生コイル222が検出空間K内に形成するシフト拘束磁界Bstrpについて詳細に説明する。

【0131】

上述の実施の形態1における動作パターン1~6で説明したように、拘束磁界発生コイル222とベッド206との相対位置を変化させる場合、カプセル内視鏡100には、移動方向または移動方向と反対方向の力が作用する。このため、ベッド206と拘束磁界発生コイル222との相対位置を水平方向に変化させる場合、カプセル内視鏡100は拘束

20

【0132】

そこで本実施の形態2では、上述のように、ベッド206と拘束磁界発生コイル222の中心Z軸Azとの相対位置を変化させる際、磁界強度のピークが目的の方向にずれたシフト拘束磁界Bstrpを拘束磁界発生コイル222に形成させる。

【0133】

なお、目的の方向とは、例えば、上記実施の形態1における動作パターン1と同様のシチュエーションでは、ベッド206の移動方向と反対方向であり、動作パターン2と同様のシチュエーションでは、ベッド206の移動方向と反対方向であり、動作パターン3と同様のシチュエーションでは、ベッド206の加速期間中、ベッド206の加速方向と反対方向であり、ベッド206の減速期間中、ベッド206の減速方向と反対方向であり、動作パターン4と同様のシチュエーションでは、拘束磁界発生コイル222の移動方向と同じ方向であり、動作パターン5と同様のシチュエーションでは、拘束磁界発生コイル222の移動方向と同じ方向であり、動作パターン6と同様のシチュエーションでは、拘束磁界発生コイル222の加速期間中、拘束磁界発生コイル222の加速方向と同じ方向であり、拘束磁界発生コイル222の減速期間中、拘束磁界発生コイル222の減速方向と同じ方向である。

30

【0134】

つぎに、拘束磁界発生コイル222が形成する拘束磁界Btrap/シフト拘束磁界Bstrpおよびこれによりカプセル内視鏡100の永久磁石110が受ける力について、図面を用いて詳細に説明する。

40

【0135】

カプセル内視鏡100内の永久磁石110を磁気ダイポールモーメントMと見なすと、コイルが形成した磁界Bによって磁気ダイポールモーメントMが受ける力Fは、以下の式1で表すことができる。なお、以下の式1において、力FのX成分をFx、Y成分をFy、Z成分をFzとする。また、磁気ダイポールモーメントMのX成分をMx、Y成分をMy、Z成分をMzとする。

【数 1】

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} Fx \\ Fy \\ Fz \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} dB_x/dx & dB_y/dx & dB_z/dx \\ dB_x/dy & dB_y/dy & dB_z/dy \\ dB_x/dz & dB_y/dz & dB_z/dz \end{pmatrix} \begin{pmatrix} M_x \\ M_y \\ M_z \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} M_x(dB_x/dx) + M_y(dB_y/dx) + M_z(dB_z/dx) \\ M_x(dB_x/dy) + M_y(dB_y/dy) + M_z(dB_z/dy) \\ M_x(dB_x/dz) + M_y(dB_y/dz) + M_z(dB_z/dz) \end{pmatrix} \quad \dots (式1) \end{aligned}$$

【0136】

10

したがって、上記式 1 より、拘束磁界発生コイル 2 2 2 のうち Z 軸拘束コイル 2 2 2 z が形成する磁界（これを磁界 B Z とする）から磁気ダイポールモーメント M が受ける力 F Z は、以下の式 2 で表すことができる。

【数 2】

$$\begin{pmatrix} FZx \\ FZy \\ FZz \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} M_x(dBZ_x/dx) + M_y(dBZ_y/dx) + M_z(dBZ_z/dx) \\ M_x(dBZ_x/dy) + M_y(dBZ_y/dy) + M_z(dBZ_z/dy) \\ M_x(dBZ_x/dz) + M_y(dBZ_y/dz) + M_z(dBZ_z/dz) \end{pmatrix} \quad \dots (式2)$$

【0137】

20

ここで、中心 Z 軸 A z 上で永久磁石 1 1 0 に作用する力 F について考察するにあたり、まず、Z 軸拘束コイル 2 2 2 z が中心 Z 軸 A z 近傍に形成する磁界 B Z について考える。図 3 1 A は、本実施の形態 2 において Z 軸拘束コイル 2 2 2 z に電流 I z を流した際に Z 軸拘束コイル 2 2 2 z が中心 Z 軸 A z 近傍に形成する磁界 B Z を示す概念図であり、図 3 1 B は、図 3 1 A に示す磁界 B Z における中心 Z 軸 A z を含む平面の磁界成分を示す図である。また、図 3 2 A は、磁界 B Z の X 軸方向の磁界強度を示す図であり、図 3 2 B は、磁界 B Z の Y 軸方向の磁界強度を示す図であり、図 3 2 C は、磁界 B Z の Z 軸方向の磁界強度を示す図である。ただし、図 3 2 A ~ 図 3 2 C は、磁界 B Z が正、すなわち中心 Z 軸 A z 上の磁界成分が鉛直上向きである場合の各軸方向の磁界強度を示す。また、図 3 2 A ~ 図 3 2 C における原点 O は、中心 Z 軸 A z と、任意の X - Y 平面（例えば液体 9 1 0 の液面）との交点である。

30

【0138】

図 3 1 A および図 3 1 B に示すように、Z 軸拘束コイル 2 2 2 z に電流 I z を入力すると、中心 Z 軸 A z を含む平面内であって液体 9 1 0 の液面付近には、中心 Z 軸 A z 上ではこの中心 Z 軸 A z と平行であり、中心 Z 軸 A z から外れるに従って磁力線の向きが中心 Z 軸 A z から外れる方向へ傾く磁界 B Z が形成される。

【0139】

このような磁界 B Z の X 軸上での磁界強度（傾き）は、図 3 2 A に示すようになる。なお、図 3 2 A (a) は磁界 B Z における X 軸上での磁界成分の X 軸方向の磁界強度 B Z x を示し、図 3 2 A (b) は磁界 B Z における X 軸上での磁界成分の Y 軸方向の磁界強度 B Z y を示し、図 3 2 A (c) は磁界 B Z における X 軸上での磁界成分の Z 軸方向の磁界強度 B Z z を示している。

40

【0140】

図 3 2 A (a) に示すように、磁界 B Z における X 軸上での磁界成分の X 軸方向の磁界強度 B Z x は、X 軸上の原点 O を境に、磁界強度 B Z x の正負、すなわち磁界成分の向きが反転する。また、X 軸上での磁界強度 B Z x は、位置が原点 O から離れるにしたがってその絶対値が大きくなる。したがって、原点 O 付近（例えば中心 Z 軸 A z と液体 9 1 0 の液面との交点付近）での磁界強度 B Z x は、磁気ダイポールモーメント M（永久磁石 1 1 0）を + X 側へ引き付ける磁気勾配を有する。また、図 3 2 A (c) に示すように、磁界 B Z における X 軸上での磁界成分の Z 軸方向の磁界強度 B Z z は、X 軸上での位置が原点

50

0 のときにピークとなる山成りの強度分布となる。なお、図 3 2 A (b) に示すように、磁界 B Z における X 軸方向の成分の Y 軸上での磁界強度 $B Z_y$ は 0 ($B Z_y = 0$) である。

【 0 1 4 1 】

また、磁界 B Z の Y 軸上での磁界強度 (傾き) は、図 3 2 B に示すようになる。なお、図 3 2 B (a) は磁界 B Z における Y 軸上での磁界成分の X 軸方向の磁界強度 $B Z_x$ を示し、図 3 2 B (b) は磁界 B Z における Y 軸上での磁界成分の Y 軸方向の磁界強度 $B Z_y$ を示し、図 3 2 B (c) は磁界 B Z における Y 軸上での磁界成分の Z 軸方向の磁界強度 $B Z_z$ を示している。

【 0 1 4 2 】

図 3 2 B (b) および図 3 2 B (c) に示すように、磁界 B Z における Y 軸上での磁界成分の Y 軸方向の磁界強度 $B Z_y$ および磁界 B Z における Y 軸上での磁界成分の Z 軸方向の磁界強度 $B Z_z$ はそれぞれ、図 3 2 A (a) に示す磁界 B Z における X 軸上での磁界成分の X 軸方向の磁界強度 $B Z_x$ および図 3 2 A (c) に示す磁界 B Z における X 軸上での磁界成分の Z 軸方向の磁界強度 $B Z_z$ と同様となる。なお、図 3 2 B (a) に示すように、磁界 B Z における Y 軸方向の成分の X 軸上での磁界強度 $B Z_x$ は 0 ($B Z_x = 0$) である。

【 0 1 4 3 】

さらに、磁界 B Z の Z 軸上での磁界強度 (傾き) は、図 3 2 C に示すようになる。なお、図 3 2 C (a) は磁界 B Z における Z 軸上での磁界成分の X 軸方向の磁界強度 $B Z_x$ を示し、図 3 2 C (b) は磁界 B Z における Z 軸上での磁界成分の Y 軸方向の磁界強度 $B Z_y$ を示し、図 3 2 C (c) は磁界 B Z における Z 軸上での磁界成分の Z 軸方向の磁界強度 $B Z_z$ を示している。

【 0 1 4 4 】

図 3 2 C (c) に示すように、磁界 B Z における Z 軸上での磁界成分の Z 軸方向の磁界強度 $B Z_z$ は、+ Z 方向へ進むにつれて弱くなる。したがって、原点 O 付近 (例えば中心 Z 軸 A z と液体 9 1 0 の液面との交点付近) での磁界強度 $B Z_z$ は、磁気ダイポールモーメント M (永久磁石 1 1 0) を - Z 側へ引き付ける磁気勾配を有する。なお、図 3 2 C (a) および図 3 2 C (b) に示すように、磁界 B Z における Z 軸上での磁界成分の X 軸方向の磁界強度 $B Z_x$ および磁界 B Z における Z 軸上での磁界成分の Y 軸方向の磁界強度 $B Z_y$ は、それぞれ 0 ($B Z_x = 0$ 、 $B Z_y = 0$) である。

【 0 1 4 5 】

なお、上記図 3 2 A ~ 図 3 2 C に示す特性は、磁界 B Z が負の場合、すなわち磁界 B Z の向きが反転した場合、反転する。

【 0 1 4 6 】

また、Z 軸拘束コイル 2 2 2 z が形成する磁界 B Z は、中心 Z 軸 A z を中心とした対称性を備える。したがって、以下の式 3 が成り立つ。

【 数 3 】

$$dBZ_x / dx = dBZ_y / dy \quad \dots \text{(式3)}$$

【 0 1 4 7 】

以上の式 2 および式 3 から、Z 軸拘束コイル 2 2 2 z が形成した磁界 B Z によってカプセル内視鏡 1 0 0 の永久磁石 1 1 0 (磁気ダイポールモーメント M) が受ける力 F Z は、以下の式 4 で表すことができる。

【 数 4 】

$$\begin{pmatrix} FZx \\ FZy \\ FZz \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} M_x (dBZ_x / dx) \\ M_x (dBZ_x / dx) \\ M_x (dBZ_z / dz) \end{pmatrix} \quad \dots \text{(式4)}$$

10

20

30

40

50

【 0 1 4 8 】

一方、上記式 1 より、拘束磁界発生コイル 2 2 2 のうち X 軸拘束コイル 2 2 2 x が形成する磁界（これを磁界 B X とする）から磁気ダイポールモーメント M が受ける力 F X は、以下の式 5 で表すことができる。

【 数 5 】

$$\begin{pmatrix} FZx \\ FZy \\ FZz \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} M_x (dBX_x / dx) + M_y (dBX_y / dx) + M_z (dBX_z / dx) \\ M_x (dBX_x / dy) + M_y (dBX_y / dy) + M_z (dBX_z / dy) \\ M_x (dBX_x / dz) + M_y (dBX_y / dz) + M_z (dBX_z / dz) \end{pmatrix} \quad \dots (式5)$$

【 0 1 4 9 】

ここで、X 軸拘束コイル 2 2 2 x が中心 Z 軸 A z 近傍に形成する磁界 B X について考える。図 3 3 A は、本実施の形態 2 において X 軸拘束コイル 2 2 2 x に電流 I x を流した際に X 軸拘束コイル 2 2 2 x が中心 Z 軸 A z 近傍に形成する磁界 B X を示す概念図であり、図 3 3 B は、図 3 3 A に示す磁界 B X における中心 Z 軸 A z を含む平面の磁界成分を示す図である。また、図 3 4 A は、磁界 B X の X 軸方向の磁界強度を示す図であり、図 3 4 B は、磁界 B X の Y 軸方向の磁界強度を示す図であり、図 3 4 C は、磁界 B X の Z 軸方向の磁界強度を示す図である。ただし、図 3 4 A ~ 図 3 4 C は、磁界 B X が正である場合の各軸方向の磁界強度を示す。また、図 3 4 A ~ 図 3 4 C における原点 O は、中心 Z 軸 A z と、任意の X - Y 平面（例えば液体 9 1 0 の液面）との交点である。

【 0 1 5 0 】

図 3 3 A および図 3 3 B に示すように、X 軸拘束コイル 2 2 2 x に電流 I x を入力すると、中心 Z 軸 A z を含む平面内であって液体 9 1 0 の液面付近には、中心 Z 軸 A z 上ではこの中心 Z 軸 A z と垂直であり、中心 Z 軸 A z から外れるに従って磁力線の向きが上向きから下向きへ回転する磁界 B X が形成される。

【 0 1 5 1 】

このような磁界 B X の X 軸上での磁界強度（傾き）は、図 3 4 A に示すようになる。なお、図 3 4 A (a) は磁界 B X における X 軸上での磁界成分の X 軸方向の磁界強度 B X x を示し、図 3 4 A (b) は磁界 B X における X 軸上での磁界成分の Y 軸方向の磁界強度 B X y を示し、図 3 4 A (c) は磁界 B X における X 軸上での磁界成分の Z 軸方向の磁界強度 B X z を示している。

【 0 1 5 2 】

図 3 4 A (a) に示すように、磁界 B X における X 軸上での磁界成分の X 軸方向の磁界強度 B X x は、X 軸上での位置が原点 O のときにピークとなる山成りの強度分布となる。また、図 3 4 A (c) に示すように、磁界 B X における X 軸上での磁界成分の Z 軸方向の磁界強度 B X z は、X 軸上の原点 O を境に、磁界強度 B X z の正負、すなわち磁界成分の向きが反転する。また、X 軸上での磁界強度 B X z は、位置が原点 O から離れるにしたがってその絶対値が大きくなる。したがって、原点 O 付近（例えば中心 Z 軸 A z と液体 9 1 0 の液面との交点付近）での磁界強度 B X z は、磁気ダイポールモーメント M（永久磁石 1 1 0）を - X 側へ引き付ける磁気勾配を有する。なお、図 3 4 A (b) に示すように、磁界 B X における X 軸方向の成分の Y 軸上での磁界強度 B X y は 0（B X y = 0）である。

【 0 1 5 3 】

また、磁界 B X の Y 軸上での磁界強度（傾き）は、図 3 4 B に示すようになる。なお、図 3 4 B (a) は磁界 B X における Y 軸上での磁界成分の X 軸方向の磁界強度 B X x を示し、図 3 4 B (b) は磁界 B X における Y 軸上での磁界成分の Y 軸方向の磁界強度 B X y を示し、図 3 4 B (c) は磁界 B X における Y 軸上での磁界成分の Z 軸方向の磁界強度 B X z を示している。

【 0 1 5 4 】

図 3 4 B (a) に示すように、磁界 B X における Y 軸上での磁界成分の X 軸方向の磁界強度 B X x は、X 軸上での位置が原点 O のときにピークとなる山成りの強度分布となる。

なお、図34B(b)および図34B(c)に示すように、磁界BXにおけるY軸上での磁界成分のY軸方向の磁界強度 BX_y および磁界BXにおけるY軸上での磁界成分のZ軸方向の磁界強度 BX_z は、それぞれ0($BX_y = 0$ 、 $BX_z = 0$)である。

【0155】

さらに、磁界BXのZ軸上での磁界強度(傾き)は、図34Cに示すようになる。なお、図34C(a)は磁界BXにおけるZ軸上での磁界成分のX軸方向の磁界強度 BX_x を示し、図34C(b)は磁界BXにおけるZ軸上での磁界成分のY軸方向の磁界強度 BX_y を示し、図34C(c)は磁界BXにおけるZ軸上での磁界成分のZ軸方向の磁界強度 BX_z を示している。

【0156】

図34C(a)に示すように、磁界BXにおけるZ軸上での磁界成分のX軸方向の磁界強度 BX_x は、図34C(c)に示す磁界BZにおけるZ軸上での磁界成分のZ軸方向の磁界強度 BZ_z と同様となる。なお、図34C(b)および図34B(c)に示すように、磁界BXにおけるZ軸上での磁界成分のY軸方向の磁界強度 BX_y および磁界BXにおけるZ軸上での磁界成分のZ軸方向の磁界強度 BX_z は、それぞれ0($BX_y = 0$ 、 $BX_z = 0$)である。

【0157】

なお、Y軸拘束コイル222yが中心Z軸Az近傍に形成する磁界BYについては、上記したX軸拘束コイル222xと同様であるため、ここでは詳細な説明を省略する。

【0158】

以上のことから、X軸拘束コイル222xおよびY軸拘束コイル222yがカプセル内視鏡100の永久磁石110(磁気ダイポールモーメントM)に与える力FXおよびFYは、それぞれ以下の式6または式7のようになる。

【数6】

$$\begin{pmatrix} FX_x \\ FX_y \\ FX_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} M_z(dBX_z/dx) \\ 0 \\ M_x(dBX_x/dz) \end{pmatrix} \quad \dots \text{(式6)}$$

$$\begin{pmatrix} FY_x \\ FY_y \\ FY_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ M_z(dBY_z/dy) \\ M_y(dBY_y/dz) \end{pmatrix} \quad \dots \text{(式7)}$$

【0159】

したがって、上記式4、式6および式7から、拘束磁界発生コイル222が発生する磁界B(拘束磁界Btrap/シフト拘束磁界Bstrip)によってカプセル内視鏡100の永久磁石110(磁気ダイポールモーメントM)が受ける力Fは、以下の式8のようになる。

【数7】

$$\begin{pmatrix} F_x \\ F_y \\ F_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} M_x(dBZ_x/dx) + M_z(dBX_z/dx) \\ M_y(dBZ_y/dy) + M_z(dBY_z/dy) \\ M_x(dBX_x/dz) + M_y(dBY_y/dz) + M_z(dBZ_z/dz) \end{pmatrix} \quad \dots \text{(式8)}$$

【0160】

ここで、力FにおけるX成分FxおよびY成分力Fyに着目する。X成分Fxが0($F_x = 0$)場合、すなわちカプセル内視鏡100が中心Z軸Az上に位置する場合、 dBZ_x/dx および dBZ_x/dx それぞれの項が永久磁石110に与える力 $M_x(dBZ_x/dx)$ および $M_z(dBX_z/dx)$ は正負が反対となる。

【0161】

10

20

30

40

50

つまり、X軸拘束コイル222xが形成する磁界BXが正($BX > 0$)のとき、磁気ダイポールモーメントMのX成分が正($M_x > 0$)となり、 dBX_z/dx が負($dBX_z/dx < 0$)となる。一方、磁界BXが負($BX < 0$)のとき、磁気ダイポールモーメントMのX成分が負($M_x < 0$)となり、 dBX_z/dx が正($dBX_z/dx > 0$)となる。つまり、 M_x と dBX_z/dx とは、常に符号が逆になる。

【0162】

同様に、Y軸拘束コイル222yが形成する磁界BYが正($BY > 0$)のとき、磁気ダイポールモーメントMのY成分が正($M_y > 0$)となり、 $dB Y_z/dy$ が負($dB Y_z/dy < 0$)となる。一方、磁界BYが負($BY < 0$)のとき、磁気ダイポールモーメントMのY成分が負($M_y < 0$)となり、 $dB Y_z/dy$ が正($dB Y_z/dy > 0$)となる。つまり、 M_y と $dB Y_z/dy$ とは、常に符号が逆になる。

10

【0163】

これに対し、Z軸拘束コイル222zが形成する磁界BZが正($BZ > 0$)のとき、磁気ダイポールモーメントMのZ成分が正($M_z > 0$)となり、 $dB Z_x/dx$ が正($dB Z_x/dx > 0$)となる。一方、磁界BZが負($BZ < 0$)のとき、磁気ダイポールモーメントMのZ成分が負($M_z < 0$)となり、 $dB Z_x/dx$ が負($dB Z_x/dx < 0$)となる。つまり、 M_z と $dB Z_x/dx$ (= $dB Z_y/dy$ (式3))とは、常に符号が同じになる。

したがって、Fxの M_x ($dB Z_x/dx$)、 M_z ($dB X_z/dx$)の項は、BX、BZの正負に関わらず、正負が逆になる。また、Fyの M_y ($dB Z_y/dy$)、 M_z ($dB Y_z/dy$)の項も、BY、BZの正負に関わらず、正負が逆になる。

20

ここで、BZをBXに対して大きくすると、 M_x ($dB Z_x/dx$)、 M_z ($dB X_z/dx$)のバランスがくずれ、Fx方向に力を発生することができる。さらに、BZをBXに対して小さくすると、その逆方向に力を発生することができる。

また、BZをBYに対して大きくすると、 M_y ($dB Z_y/dy$)、 M_z ($dB Y_z/dy$)のバランスがくずれ、Fy方向に力を発生することができる。さらに、BZをBYに対して小さくすると、その逆方向に力を発生することができる。

【0164】

以上のことから、X軸拘束コイル222xとY軸拘束コイル222yとZ軸拘束コイル222zとに入力する拘束信号の電流のバランスを調整することで、中心Z軸Az上にピーク磁界が存在する拘束磁界Btrapおよび目的の方向にピーク磁界がシフトしたシフト拘束磁界Bstripを適宜形成することが可能である。

30

【0165】

以上のように動作することで、本実施の形態2では、被検体900と拘束磁界発生コイル222の中心Z軸Azとの相対位置を変化させるとき、相対位置を変化させる方向と同じ方向または反対の方向にカプセル内視鏡100(特に永久磁石110)をトラップする拘束磁界Btrapのピーク磁界をシフトさせる(シフト拘束磁界Bstrip)。すなわち、中心Z軸Azに永久磁石110を引き付ける拘束磁界成分(拘束磁界Btrap)と、相対位置を変化させる方向と同じまたは反対の方向に永久磁石110を付勢する勾配磁界成分(勾配磁界Bgrad)と、を含むシフト拘束磁界Bstripを被検体900が配置された検出空間Kに形成する。これにより、本実施の形態2では、相対位置の変化時にカプセル内視鏡100が中心Z軸Azから外れてしまうことが低減され、結果、カプセル内視鏡100が所望の拘束位置にトラップされた状態を的確に保つことが可能となる。

40

【0166】

さらなる効果や変形例は、当業者によって容易に導き出すことができる。よって、本発明のより広範な態様は、以上のように表わしかつ記述した特定の詳細および代表的な実施形態に限定されるものではない。したがって、添付のクレームおよびその均等物によって定義される総括的な発明の概念の精神または範囲から逸脱することなく、様々な変更が可能である。

【産業上の利用可能性】

50

【 0 1 6 7 】

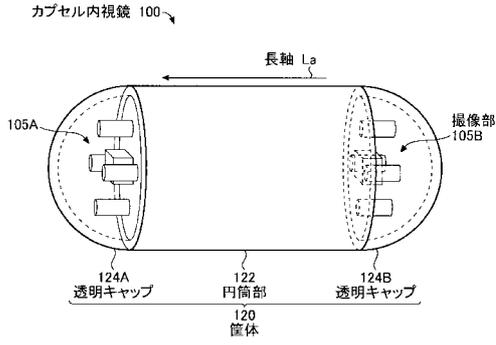
以上のように、本発明の誘導システムおよび誘導方法は、被検体と拘束位置との相対的な変化に対してもカプセル内視鏡を所望の位置にトラップしておくのに適している。

【 符号の説明 】

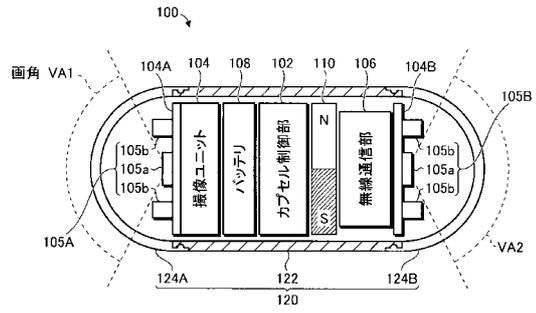
【 0 1 6 8 】

1 0 0	カプセル内視鏡	
1 2 2	円筒部	
1 2 4 A , 1 2 4 B	キャップ	
1 2 0	筐体	
1 0 5 A , 1 0 5 B	撮像部	10
1 0 5 a	C C D アレイ	
1 0 5 b	L E D	
1 0 2	カプセル制御部	
1 0 4	撮像ユニット	
1 0 6	無線通信部	
1 0 8	バッテリー	
1 1 0	永久磁石	
1	カプセル内視鏡システム	
2 0 0 , 4 0 0	位置制御装置	
2 1 0 , 4 1 0	磁界発生部	20
2 2 0	拘束磁界発生部	
2 2 2	拘束磁界発生コイル	
2 3 2	勾配磁界発生コイル	
2 3 0	勾配磁界発生部	
2 4 0	相対位置制御部	
4 2 0	拘束 / 勾配磁界発生部	
2 5 0	制御部	
2 6 0	操作部	
3 0 0	受信装置	
3 0 2	受信アンテナ	30
3 1 0	カプセル画像受信装置	
3 2 0	カプセル画像表示装置	
2 0 6	ベッド	
9 0 0	被検体	

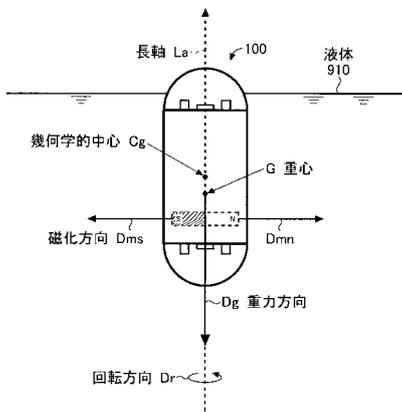
【図1】



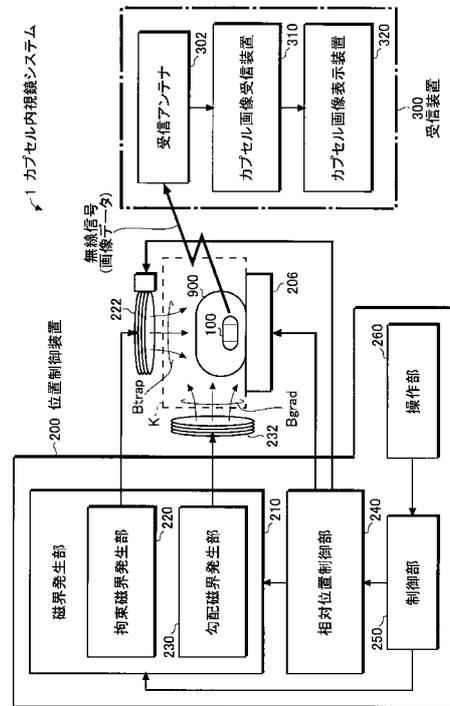
【図2】



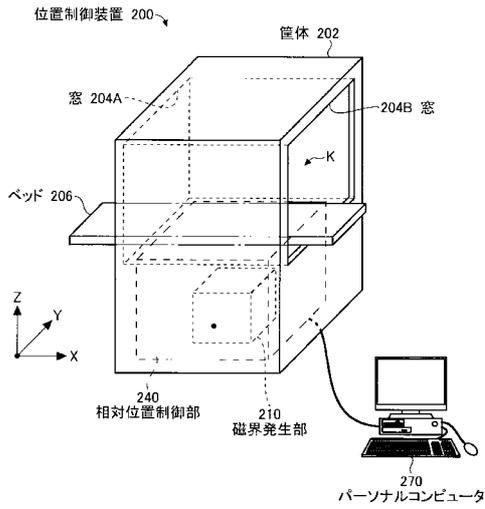
【図3】



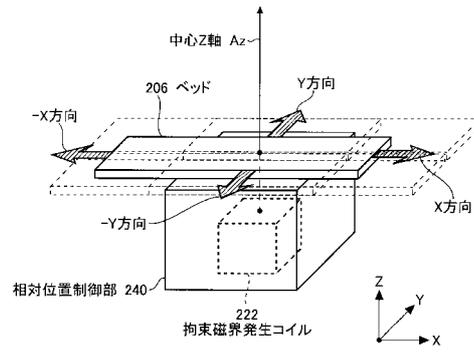
【図4】



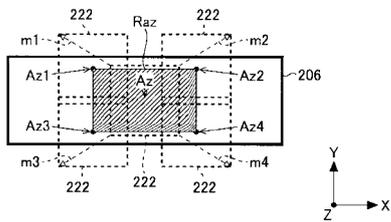
【図5】



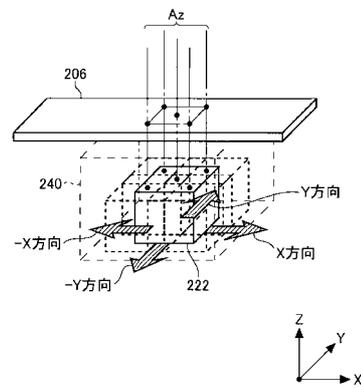
【図6A】



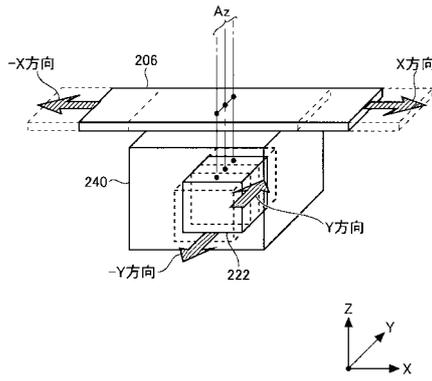
【図6B】



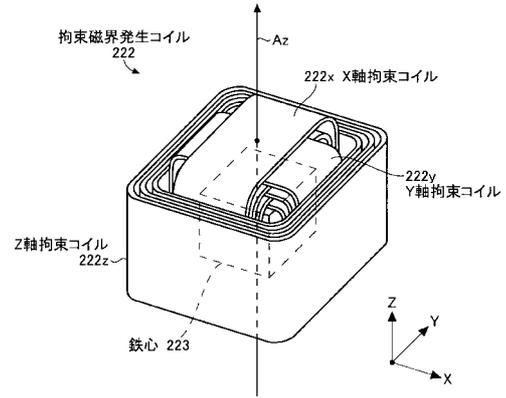
【図7A】



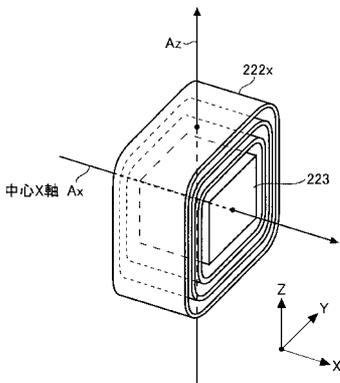
【図7B】



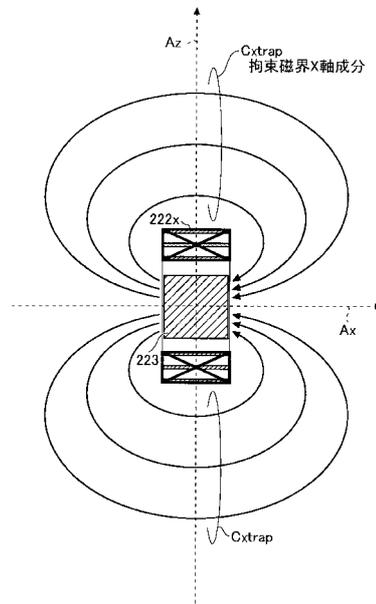
【図8】



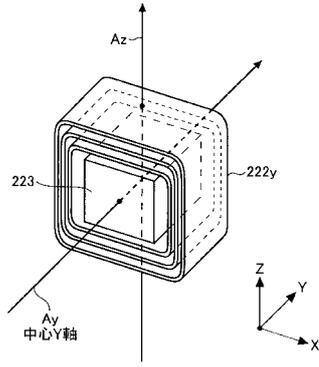
【図9A】



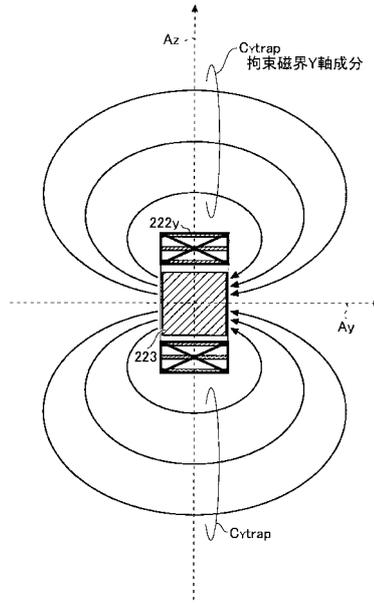
【図9B】



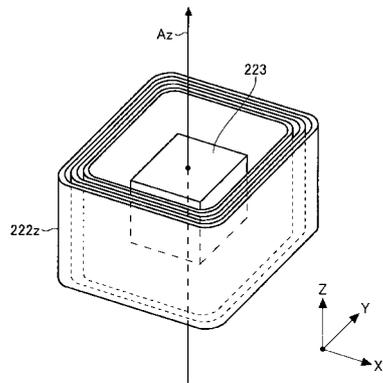
【図10A】



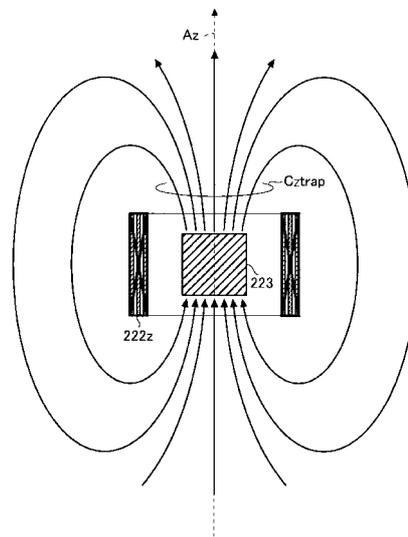
【図10B】



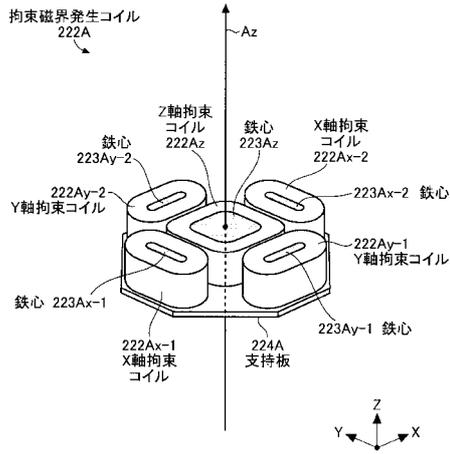
【図11A】



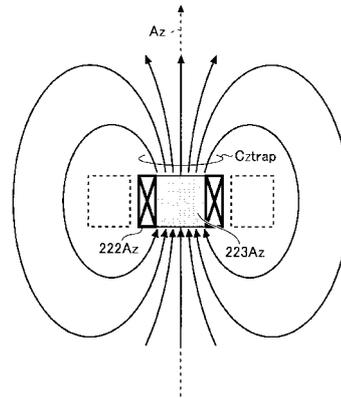
【図11B】



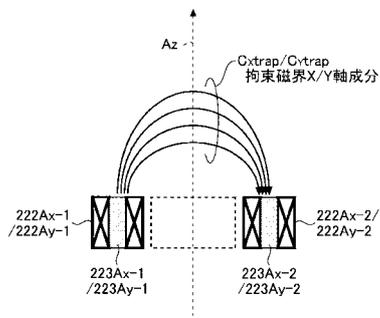
【図12】



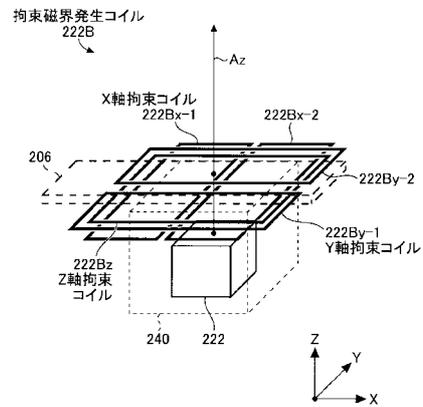
【図13】



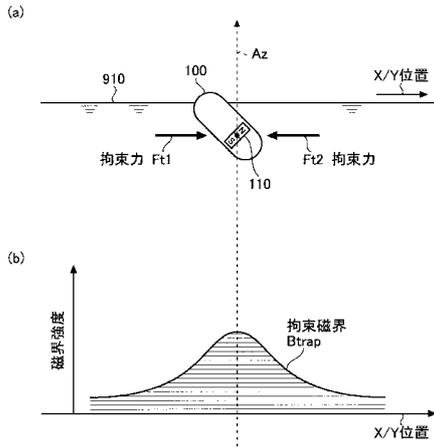
【図14】



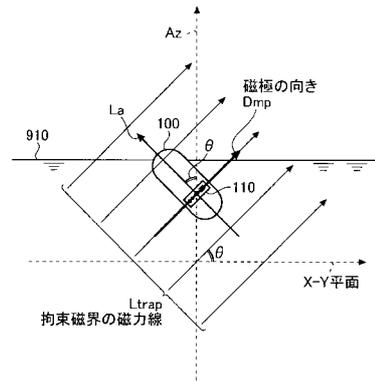
【図15】



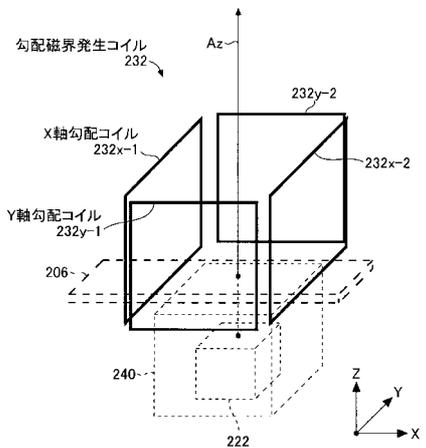
【図16】



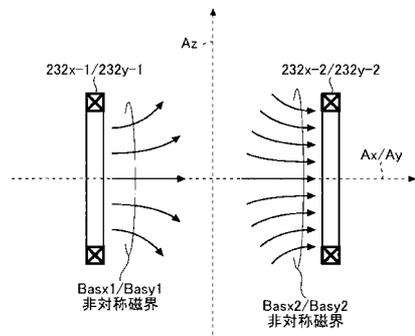
【図17】



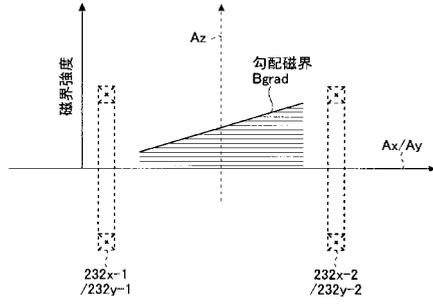
【図18】



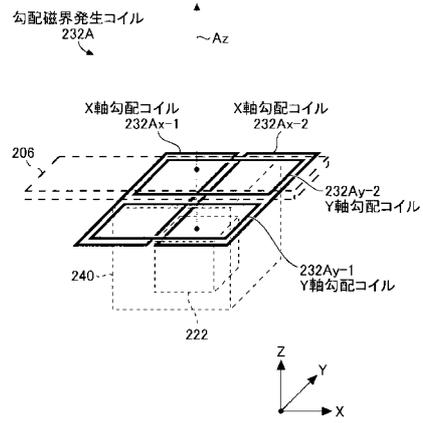
【図19A】



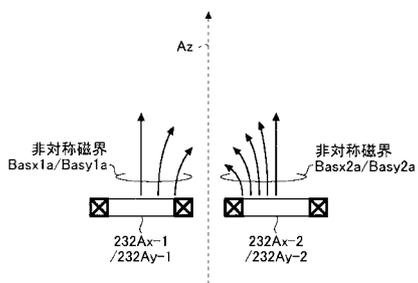
【図19B】



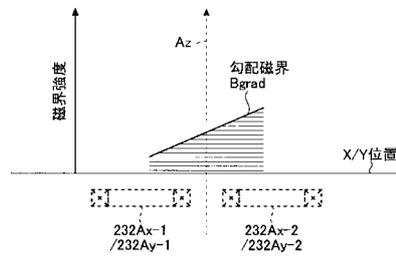
【図20】



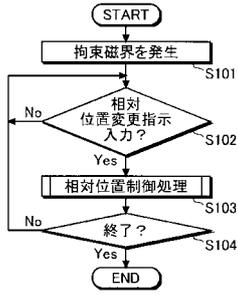
【図21A】



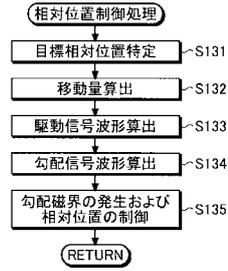
【図21B】



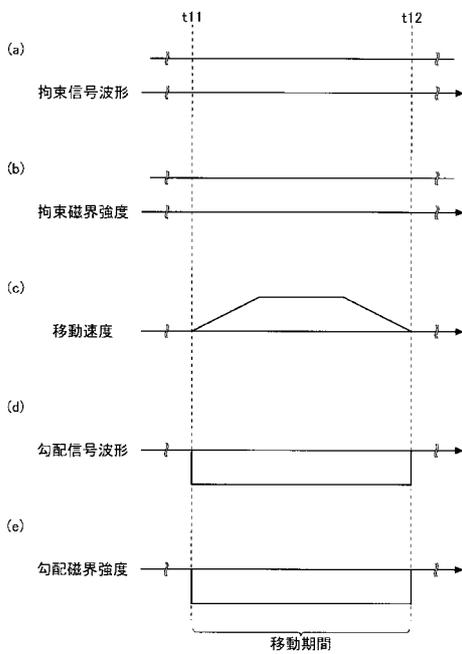
【図22】



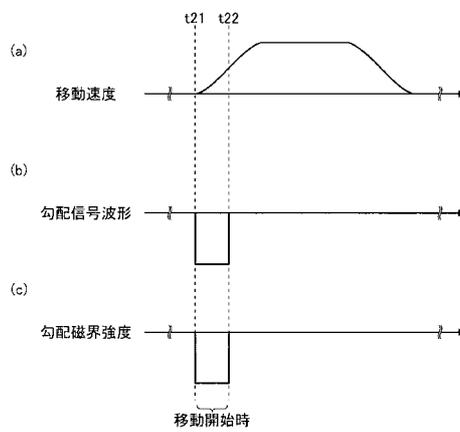
【図23】



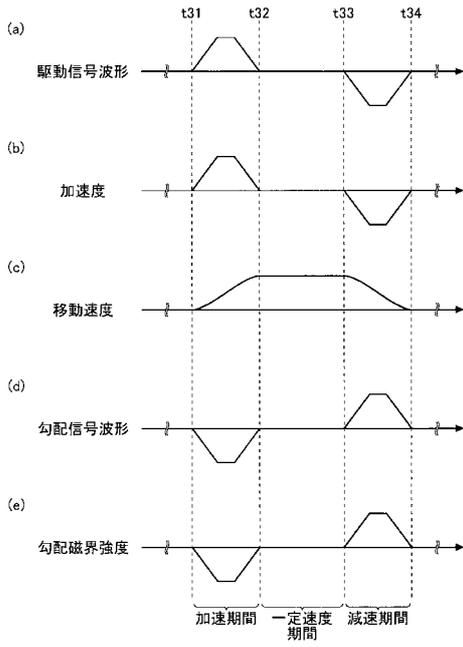
【図24A】



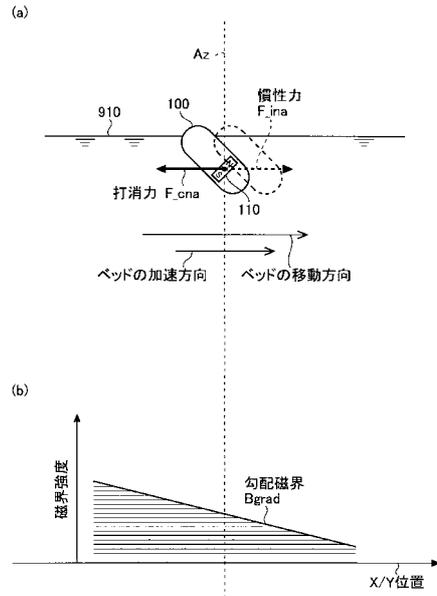
【図24B】



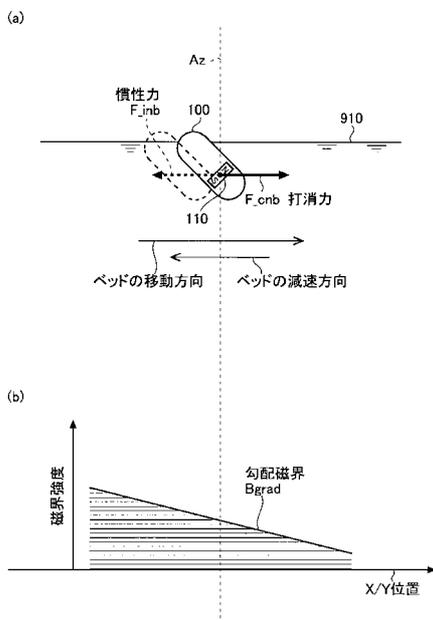
【図24C】



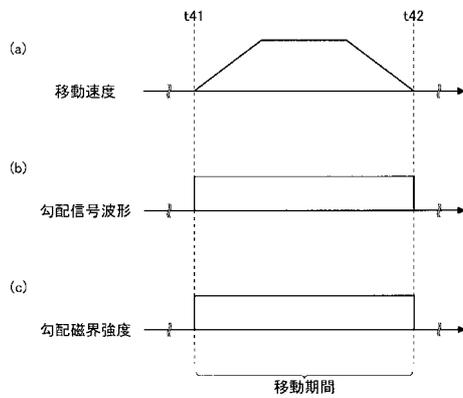
【図25】



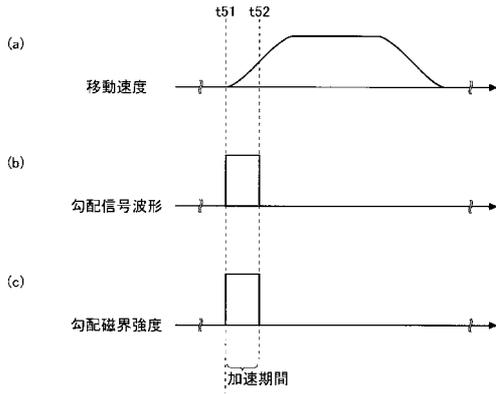
【図26】



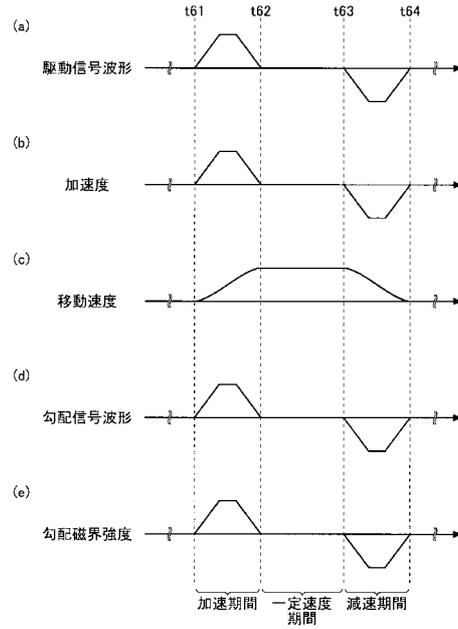
【図27A】



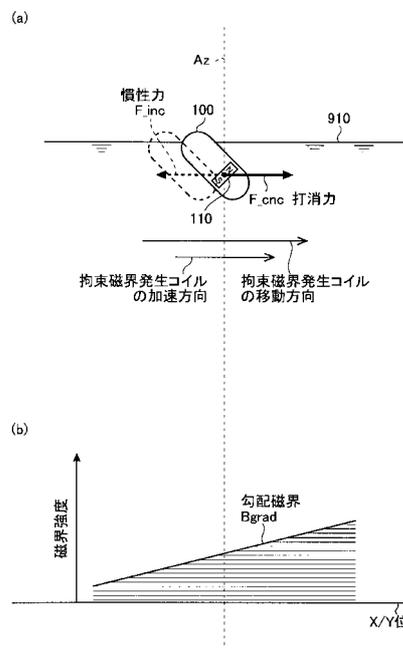
【図 27B】



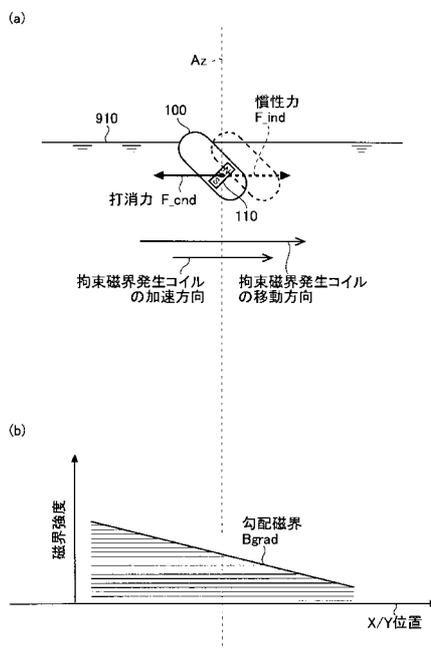
【図 27C】



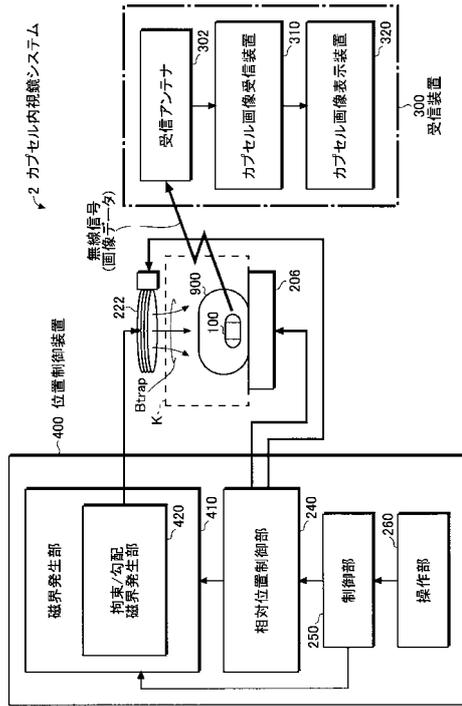
【図 28】



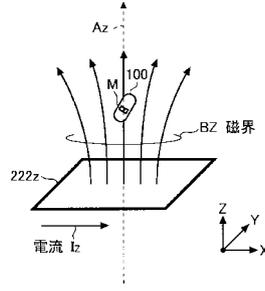
【図 29】



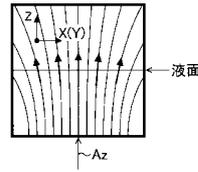
【図 30】



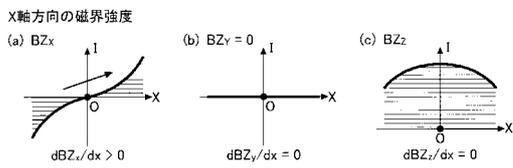
【図 31 A】



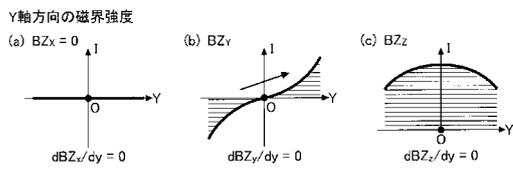
【図 31 B】



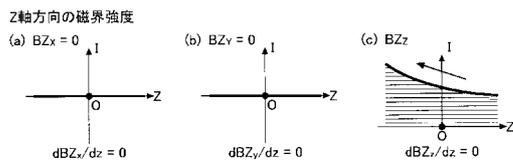
【図 32 A】



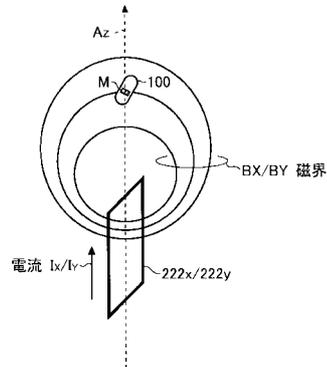
【図 32 B】



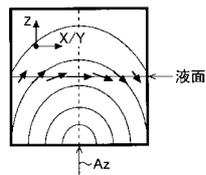
【図 32 C】



【図 33 A】



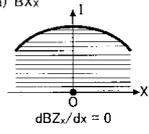
【図 33 B】



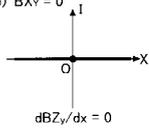
【 図 3 4 A 】

X軸方向の磁界強度

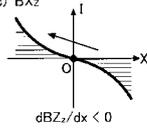
(a) B_{Xx}



(b) $B_{Xy} = 0$



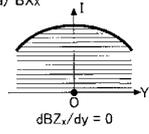
(c) B_{Xz}



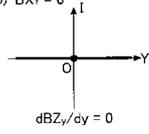
【 図 3 4 B 】

Y軸方向の磁界強度

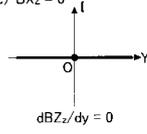
(a) B_{Yx}



(b) $B_{Yy} = 0$



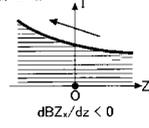
(c) $B_{Yz} = 0$



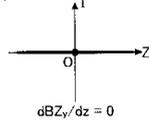
【 図 3 4 C 】

Z軸方向の磁界強度

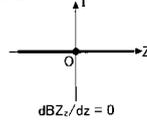
(a) B_{Zx}



(b) $B_{Zy} = 0$



(c) B_{Zz}



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2006-068501(JP,A)
特開2005-081147(JP,A)
特許第3898781(JP,B2)
特開2004-298560(JP,A)
国際公開第2007/074888(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 1/00~1/32
G02B 23/24~23/26
A61B 5/07

专利名称(译)	指导系统和指导方法		
公开(公告)号	JP5385034B2	公开(公告)日	2014-01-08
申请号	JP2009162268	申请日	2009-07-08
[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	河野宏尚 千葉淳		
发明人	河野 宏尚 千葉 淳		
IPC分类号	A61B1/00 A61B5/07		
FI分类号	A61B1/00.320.Z A61B1/00.320.B A61B5/07 A61B1/00.C A61B1/00.610 A61B1/00.611 A61B1/01		
F-TERM分类号	4C038/CC07 4C061/BB05 4C061/CC06 4C061/DD10 4C061/GG22 4C061/JJ19 4C061/LL08 4C061/QQ06 4C061/QQ07 4C061/UU06 4C161/BB05 4C161/CC06 4C161/DD07 4C161/DD10 4C161/FF15 4C161/GG22 4C161/GG28 4C161/JJ19 4C161/LL08 4C161/QQ06 4C161/QQ07 4C161/UU06		
代理人(译)	酒井宏明		
审查员(译)	大冢雄一		
优先权	61/078830 2008-07-08 US		
其他公开文献	JP2010017553A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

将胶囊内窥镜捕获在期望的位置，也用于对象和约束位置之间的相对变化。在本发明的一个实施例中，胶囊内窥镜系统1包括胶囊内窥镜100，胶囊内窥镜100包括固定在胶囊型壳体中并引入到对象900中的永磁体；相对位置控制单元240，用于改变预定轴和对象900之间的相对位置，用于将永磁体吸引到预定轴的约束磁场分量，以及在与相对位置改变方向相同或相反的方向上偏置永磁体。并且，磁场产生单元210用于形成磁场，该磁场包括要在其中设置对象900的空间中形成的至少一个梯度磁场分量。[选图]图4

$$\begin{pmatrix} FZ_x \\ FZ_y \\ FZ_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} M_x \left(\frac{dBZ_x}{dx} \right) + M_y \left(\frac{dBZ_y}{dx} \right) + M_z \left(\frac{dBZ_z}{dx} \right) \\ M_x \left(\frac{dBZ_x}{dy} \right) + M_y \left(\frac{dBZ_y}{dy} \right) + M_z \left(\frac{dBZ_z}{dy} \right) \\ M_x \left(\frac{dBZ_x}{dz} \right) + M_y \left(\frac{dBZ_y}{dz} \right) + M_z \left(\frac{dBZ_z}{dz} \right) \end{pmatrix} \quad \dots (式2)$$