

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5345241号
(P5345241)

(45) 発行日 平成25年11月20日(2013.11.20)

(24) 登録日 平成25年8月23日(2013.8.23)

(51) Int.Cl. F I
A 6 1 B 1/00 (2006.01) A 6 1 B 1/00 3 2 0 B
A 6 1 B 19/00 (2006.01) A 6 1 B 19/00 5 0 2

請求項の数 22 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2012-500166 (P2012-500166)	(73) 特許権者	390039413
(86) (22) 出願日	平成22年2月12日 (2010.2.12)		シーメンス アクチエンゲゼルシャフト
(65) 公表番号	特表2012-520161 (P2012-520161A)		Siemens Aktiengesellschaft
(43) 公表日	平成24年9月6日 (2012.9.6)		ドイツ連邦共和国 D-80333 ミュンヘン ヴィッテルスバッハープラッツ 2
(86) 国際出願番号	PCT/EP2010/051771		Wittelsbacherplatz 2, D-80333 Muenchen, Germany
(87) 国際公開番号	W02010/105882	(74) 代理人	100075166
(87) 国際公開日	平成22年9月23日 (2010.9.23)		弁理士 山口 巖
審査請求日	平成24年1月23日 (2012.1.23)	(74) 代理人	100133167
(31) 優先権主張番号	102009013352.6		弁理士 山本 浩
(32) 優先日	平成21年3月16日 (2009.3.16)		
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気物体を作業空間内で案内するためのコイル構造

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

水平方向の第1の軸(x)と、水平方向の第2の軸(z)と、垂直方向の第3の軸(y)とを含む3つの軸(x, y, z)を有するデカルト座標系の作業空間内で、磁気双極子モーメント(m)を有する磁気物体を、無接触で案内するためのコイル構造において、

前記コイル構造は、前記3つの軸(x, y, z)のそれぞれに所属した磁界(B)の成分(B_x, B_y, B_z)および勾配磁界を生起するための、12個以下の複数の個別コイル(1, 2, . . . , 12)と、前記個別コイル(1, 2, . . . , 12)への通電を制御するための1つまたは複数の制御ユニットとを含んでおり、

前記12個以下の複数の個別コイル(1, 2, . . . , 12)は、複数の第1の個別コイル(1, 2, . . . , 6)を含んでおり、前記作業空間は、それぞれの第1の個別コイル(1, 2, . . . , 6)の長軸の方向から見て前記それぞれの第1の個別コイル(1, 2, . . . , 6)の周回の内部に位置しており、

前記軸(x, y, z)の1つまたは複数には、それぞれの軸(x, y, z)に沿って前記作業空間の向かい合う側で実質的に平行な平面に配置された2つの第1の個別コイル(1, 2, . . . , 6)からなる少なくとも1つの第1のコイル対が、それぞれ付属しており、

前記軸(x, y, z)の1つまたは複数にそれぞれ付属する第1のコイル対の代わりに、それぞれ1つの第1の個別コイル(5')が付属しており、もしくは、前記軸(x, y, z)の1つまたは複数にそれぞれ付属する第1のコイル対が省略されていると共に当該

10

20

省略された第1のコイル対の代わりに前記1つの第1の個別コイル(5')も付属しておらず、前記作業空間はそれぞれの前記第1の個別コイル(1, 2, . . . , 6)の周回によって少なくとも部分的に取り囲まれており、

前記12個以下の複数の個別コイルは、前記複数の第1の個別コイル(1, 2, . . . , 6)以外に、複数の第2の個別コイル(7, 8, . . . , 12)を含んでおり、前記作業空間は、それぞれの前記第2の個別コイル(7, 8, . . . , 12)の長軸の方向から見て前記それぞれの第2の個別コイルの周回の外部に位置しており、

前記軸(x, y, z)の1つまたは複数に、実質的に1つの共通の平面でそれぞれの軸(x, y, z)に沿って前記作業空間の向かい合う側に配置された2つの第2の個別コイル(7, 8, . . . , 12)からなる少なくとも1つの第2のコイル対が、それぞれ付属している

10

ことを特徴とするコイル構造。

【請求項2】

請求項1記載のコイル構造において、

少なくとも2つの個別コイル(1, 2, . . . , 12)は、1つの共通の制御ユニットによって制御可能であるコイル構造。

【請求項3】

請求項1または2記載のコイル構造において、

ちょうど11個の個別コイル(1, 2, 3, 4, 5', 7, 8, 9, 10, 11, 12)を含んでおり、

20

2つの第1のコイル対(1, 2, 3, 4)が設けられており、前記第1のコイル対のうち的一方(1, 2)は前記第1の軸(x)に付属しており、前記第1のコイル対のうちの他方(3, 4)は前記第3の軸(y)に付属しており、

前記第2の軸(z)に付属する1つの第1の個別コイル(5')が設けられており、

前記第1の軸(x)に付属し、前記第1および第3の軸(x, y)によって広がる平面に配置された第2のコイル対(11, 12)が設けられており、

前記第3の軸(y)に付属し、実質的に互いに垂直な平面に配置された2つの第2のコイル対(7, 8, 9, 10)が設けられており、これらの平面の一方は前記第1および第3の軸(x, y)を通して広がっており、これらの平面の他方は前記第2および第3の軸(z, y)を通して広がっているコイル構造。

30

【請求項4】

請求項1記載のコイル構造において、

ちょうど11個の個別コイル(1, 2, 3, 4, 5', 7, 8, 9, 10, 11, 12)を含んでおり、

2つの第1のコイル対(1, 2, 3, 4)が設けられており、前記第1のコイル対のうち的一方(1, 2)は、前記第1の軸(x)に付属しており、前記第1のコイル対のうちの他方(3, 4)は、前記第3の軸(y)に付属しており、

前記第2の軸(z)に付属する1つの第1の個別コイル(5')が設けられており、

前記第1の軸(x)に付属し、前記第1および第3の軸(x, y)によって広がる平面に配置された、第2のコイル対(11, 12)が設けられており、

40

前記第1の軸(x)に付属し、前記第1および第2の軸(x, z)によって広がる平面に配置された、第2のコイル対(7, 8)が設けられており、

前記第3の軸(y)に付属し、前記第1および第3の軸(x, y)によって広がる平面に配置された、第2のコイル対(9, 10)が設けられているコイル構造。

【請求項5】

請求項3または4記載のコイル構造において、

ちょうど8個の制御ユニットを含んでおり、

全ての第1の個別コイル(1, 2, . . . , 6)は、別々の制御ユニットによって制御可能であり、

前記第2のコイル対(7, 8, . . . , 12)は、それぞれ1つの共通の制御ユニット

50

によって制御可能であるコイル構造。

【請求項 6】

請求項 1 または 2 記載のコイル構造において、

ちょうど 9 個の個別コイル (1 , 2 , 3 , 4 , 5 ' , 7 , 8 , 9 , 1 0) を含んでおり、

2 つの第 1 のコイル対 (1 , 2 , 3 , 4) が設けられており、前記第 1 のコイル対のうち
の一方 (1 , 2) は、前記第 1 の軸 (x) に付属しており、前記第 1 のコイル対のうち
の他方 (3 , 4) は、前記第 3 の軸 (y) に付属しており、

前記第 2 の軸 (z) に付属する第 1 の個別コイルとして、1 つのみの第 1 の個別コイル
(5 ') が設けられており、

10

前記第 3 の軸 (y) に付属し、実質的に互いに垂直な平面に配置された 2 つの第 2 のコ
イル対 (7 , 8 , 9 , 1 0) が設けられており、これらの平面の一方は、前記第 1 および
第 3 の軸 (x , y) を通って広がっており、これらの平面の他方は、前記第 2 および第 3
の軸 (z , y) を通って広がっているコイル構造。

【請求項 7】

請求項 1 または 2 記載のコイル構造において、

ちょうど 9 個の個別コイル (1 , 2 , 3 , 4 , 5 ' , 7 , 8 , 9 , 1 0) を含んでおり、

2 つの第 1 のコイル対 (1 , 2 , 3 , 4) が設けられており、前記第 1 のコイル対のうち
の一方 (1 , 2) は、前記第 1 の軸 (x) に付属しており、前記第 1 のコイル対のうち
の他方 (3 , 4) は、前記第 3 の軸 (y) に付属しており、

20

前記第 2 の軸 (z) に付属する 1 つの第 1 の個別コイル (5 ') が設けられており、

前記第 1 の軸 (x) に付属し、前記第 1 および第 2 の軸 (x , z) によって広がる平面
に配置された、第 2 のコイル対 (7 , 8) が設けられており、

前記第 3 の軸 (y) に付属し、前記第 1 および第 3 の軸 (x , y) によって広がる平面
に配置された、第 2 のコイル対 (9 , 1 0) が設けられているコイル構造。

【請求項 8】

請求項 6 または 7 記載のコイル構造において、

ちょうど 7 個の制御ユニットを含んでおり、

全ての第 1 の個別コイル (1 , 2 , . . . , 6) は、別々の制御ユニットによって制御
可能であり、

30

前記第 2 のコイル対 (7 , 8 , . . . , 1 2) は、それぞれ 1 つの共通の制御ユニット
によって制御可能であるコイル構造。

【請求項 9】

請求項 1 または 2 記載のコイル構造において、

ちょうど 8 個の個別コイル (3 , 4 , 7 , 8 , 9 , 1 0 , 1 1 , 1 2) を含んでおり、

前記第 3 の軸 (y) に付属する第 1 のコイル対 (3 , 4) が設けられており、

前記第 1 の軸 (x) に付属し、前記第 1 および第 3 の軸 (x , y) によって広がる平面
に配置された第 2 のコイル対 (1 1 , 1 2) が設けられており、

前記第 3 の軸 (y) に付属し、実質的に互いに垂直な平面に配置された 2 つの第 2 のコ
イル対 (7 , 8 , 9 , 1 0) が設けられており、これらの平面の一方は、前記第 1 および
第 3 の軸 (x , y) を通って広がっており、これらの平面の他方は、前記第 2 および第 3
の軸 (z , y) を通って広がっているコイル構造。

40

【請求項 10】

請求項 1 または 2 記載のコイル構造において、

ちょうど 8 個の個別コイル (1 , 2 , 7 , 8 , 9 , 1 0 , 1 1 , 1 2) を含んでおり、

前記第 1 の軸 (y) に付属する第 1 のコイル対 (1 , 2) が設けられており、

前記第 1 の軸 (x) に付属し、前記第 1 および第 3 の軸 (x , y) によって広がる平面
に配置された、第 2 のコイル対 (1 1 , 1 2) が設けられており、

前記第 1 の軸 (x) に付属し、前記第 1 および第 2 の軸 (x , z) によって広がる平面

50

に配置された、第2のコイル対(7, 8)が設けられており、

前記第3の軸(y)に付属し、前記第1および第3の軸(x, y)によって広がる平面に配置された、第2のコイル対(9, 10)が設けられているコイル構造。

【請求項11】

請求項9または10記載のコイル構造において、

ちょうど7個の制御ユニットを含んでおり、全ての第2の個別コイル(7, 8, . . . , 12)は、別々の制御ユニットによって制御可能であり、前記第1のコイル対の2つの第1の個別コイル(1, 2; 3, 4)は、1つの共通の制御ユニットによって制御可能であるコイル構造。

【請求項12】

請求項9または10記載のコイル構造において、

ちょうど6個の制御ユニットを含んでおり、

前記第1の軸(x)に付属し、前記第1および第3の軸(x, y)によって広がる平面に配置された、前記第2のコイル対(11, 12)の第2の個別コイルは、1つの共通の制御ユニットによって制御可能であり、

前記第1のコイル対の2つの第1の個別コイル(1, 2; 3, 4)は、1つの共通の制御ユニットによって制御可能であり、

残りの個別コイル(7, 8, 9, 10)は、別々の制御ユニットによって制御可能であるコイル構造。

【請求項13】

請求項1記載のコイル構造において、

前記12個以下の複数の個別コイル(1, 2, . . . , 12)は、複数の第1の個別コイル(1, 2, . . . , 6)を含んでいるが、前記複数の第2の個別コイル(7, 8, . . . , 12)は含まず、前記作業空間は、それぞれの第1の個別コイル(1, 2, . . . , 6)の長軸の方向から見て前記それぞれの第1の個別コイル(1, 2, . . . , 6)の周回の内部に位置しており、

前記軸(x, y, z)の1つまたは複数には、それぞれの軸(x, y, z)に沿って前記作業空間の向かい合う側で実質的に平行な平面に配置された2つの第1の個別コイル(1, 2, . . . , 6)からなる少なくとも1つの第1のコイル対が、それぞれ付属しており、

少なくとも1つの第1のコイル対(5, 6)の前記第1の個別コイル(1, 2, . . . , 6)は、1つの共通の制御ユニットによって制御可能であるコイル構造。

【請求項14】

請求項13記載のコイル構造において、

ちょうど6個の第1の個別コイル(1, 2, . . . , 6)を含んでおり、前記3つの軸(x, y, z)のそれぞれに第1のコイル対(1, 2; 3, 4; 5, 6)が1対ずつ付属しているコイル構造。

【請求項15】

請求項14記載のコイル構造において、

ちょうど5個の制御ユニットを含んでおり、一つの第1のコイル対の前記2つの第1の個別コイル(1, 2, 3, 4)は、1つの共通の制御ユニットによって制御可能であり、残りの第1の個別コイル(5, 6)は、別々の制御ユニットによって制御可能であるコイル構造。

【請求項16】

請求項13記載のコイル構造において、

前記3つの軸(x, y, z)の1つまたは複数に付属する前記第1のコイル対(1, 2; 3, 4; 5, 6)の代わりに、それぞれ1つの第1の個別コイル(5')が付属しており、前記作業空間は、それぞれの1つの第1の個別コイル(1, 2, . . . , 6)の周回によって少なくとも部分的に取り囲まれているコイル構造。

【請求項17】

10

20

30

40

50

請求項 16 記載のコイル構造において、
 全ての第 1 の個別コイル (1 , 2 , . . . , 6) が、別々の制御ユニットによって制御可能であるコイル構造。

【請求項 18】

請求項 16 または 17 記載のコイル構造において、
前記 3 つの軸 (x , y , z) の 1 つに付随する前記第 1 のコイル対 (5 , 6) の代わりに 1 つの第 1 の個別コイル (5 ') が付随して、全部でちょうど 5 個の第 1 の個別コイル (1 , 2 , 3 , 4 , 5 ') を含んでいるコイル構造。

【請求項 19】

請求項 1 から 18 のいずれか 1 項に記載のコイル構造において、
 前記制御ユニットが、出力増幅器を含んでいるコイル構造。

10

【請求項 20】

請求項 1 から 19 のいずれか 1 項に記載のコイル構造において、
 前記個別コイル (1 , 2 , . . . , 12) が、環状コイルおよび / またはサドル型コイルを少なくとも部分的に含んでいるコイル構造。

【請求項 21】

請求項 1 から 20 のいずれか 1 項に記載のコイル構造において、
 前記 12 個以下の複数の個別コイル (1 , 2 , . . . , 12) は、コイルの厚みよりも大きい幅を長手方向に有する平型コイルを少なくとも部分的に含んでおり、前記幅は、前記厚みの少なくとも 5 倍であるコイル構造。

20

【請求項 22】

請求項 1 から 21 のいずれか 1 項に記載のコイル構造において、
 前記コイル構造の作動時に検査されるべき患者が上に載る患者台を有しており、前記患者台は、前記患者台の上の患者の長軸が実質的に前記第 2 の軸 (z) の方向に延びるように配置されているコイル構造。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、磁気物体を、特に内視鏡カプセルを、作業空間内で無接触的に案内するためのコイル構造に関する。

30

【背景技術】

【0002】

内視鏡やカテーテルの使用は、医療において、患者の体内の診断や治療のためにいっそう幅広く適用されるようになってきている。このような器具は、身体の開口部や切断口を通じて身体へ挿入され、外部から案内されながら長手方向に変位させることができるが、そのためには、器具との機械式の結合部が必要である。しかし、身体の中へ器具を前進運動させる際に、その方向を探るにあたって曲線や分岐部の位置で困難が生じるのが通常であり、このため操作者は場合によっては幾度か試行することによって器具を意図する方向へと操作しなければならず、さらに続けてその正しい方向を探るためには器具に対する組織の支持力が必要である。このことは、操作者にとってはいっそう高い時間コストと結びついており、患者にとっては痛みと結びついている。最悪のケースでは、予定していた方向への案内が全く成功せず、あるいは組織穿孔のリスクが生じるという可能性も排除できない。さらに、内視鏡検査の場合、カメラを装備した内視鏡ヘッドを特定の方向で回転させて、例えば胃腸管の一区域の粘膜を万遍なく観察することが関心の対象となることがある。このことは、現在のカテーテル内視鏡によっては限定的にしか可能でない。カテーテル先端部は、制約付きでしか動作することができないからである。これに加えて、通常のカテーテル内視鏡は、離れて位置している内部器官に到達するのが難しく、もしくは全く到達できないという欠点を有している。

40

【0003】

50

胃腸管の自然な蠕動によって動く受動的な内視鏡カプセルは、カテーテル内視鏡の前述した欠点を有していないが、ナビゲーションが可能ではない、つまり胃腸管内部の特定個所の的確な観察が可能ではない。そこで、磁気双極子モーメントを含む内視鏡カプセルをカテーテルないしワイヤなしで案内することを可能にする、磁気式のナビゲーションシステムないし案内システムが提案されている。カテーテルないしワイヤなしでの案内のことを、以下においては「無接触式」とも呼ぶ。

【0004】

特許文献1および特許文献2は、内視鏡カプセル、ビデオカプセル、またはその他のゾンデをナビゲーションするための14個の個別コイルからなる磁気コイル構造を、それぞれ開示している。この場合、カプセルは、磁気部材、例えば永久磁石もしくは強磁性体を備えている。磁気コイル構造は、内視鏡カプセルの無接触式の案内を可能にする、デカルト座標系の軸 x 、 y 、 z に沿った磁界成分 B_x 、 B_y 、 B_z ならびに勾配磁界を生起する。

10

【0005】

この場合、磁気部材すなわち磁気双極子モーメント m をもつ物体がデカルト座標系の各軸に沿った方向の磁界成分 B_x 、 B_y 、 B_z からなる磁界 B の方向に対して平行に向こうとする性質が、利用される。磁気部材は内視鏡カプセルと固定的に結合されているので、そのようにしてカプセルの向きに影響を及ぼすことができる。これに加えて、勾配磁界 B_x/x 等により惹起されて、勾配磁界を包含する勾配マトリクス G を有する力 $F = G \cdot m$ が、次式に従って磁気双極子モーメント m に作用する。

【数1】

20

$$F = G \cdot m = \begin{pmatrix} \partial B_x / \partial x & \partial B_x / \partial y & \partial B_x / \partial z \\ \partial B_y / \partial x & \partial B_y / \partial y & \partial B_y / \partial z \\ \partial B_z / \partial x & \partial B_z / \partial y & \partial B_z / \partial z \end{pmatrix} \cdot m .$$

【0006】

ここで力 F および磁気モーメント m は、磁界 B に準じて、相応の x 成分、 y 成分、および z 成分を有する三次元ベクトルである。3×3勾配マトリクス G は、マクスウェル方程式に基づいて $\text{rot} H = 0$ および $\text{div} B = 0$ であり、ならびに $B = \mu_0 \cdot H$ により対称かつトレースフリーである、すなわち、 $B_x/y (= B_y/x)$ 、 $B_x/z (= B_z/x)$ 、 $B_y/z (= B_z/y)$ および3つの対角線要素のうちの2つ(例えば B_x/x と B_y/y)で5つの独立した勾配磁界を含んでいる。

30

【0007】

磁気コイル構造の個別コイルを的確に制御することで、磁界 B および勾配磁界を任意に調整することができる。これにより、一方では、磁気物体を回転させ、そのようにして磁気物体を磁気コイル構造内部の作業空間で任意の方向に向けることが可能である。また他方では、磁気物体に対して力 F を及ぼして、回転に加えて並進的に変位させることが可能である。そのために8つの準静的な磁気自由度が具体化される、すなわち、磁界成分 B_x 、 B_y 、 B_z ならびに勾配マトリクス G の対角線要素の3つの項目のうちの2つ(例えば B_x/x と B_y/y)および第二対角線要素のうちの3つ(例えば B_x/y 、 B_z/x 、 B_z/y)が具体化される。

40

【0008】

特許文献1および特許文献2に記載されているシステムは、そこで必要とされる14個の個別制御されるコイルに基づいた多数のコイルおよび出力増幅器の形態の制御ユニットによって、製造と設置に関して比較的成本集中的であるという欠点を有している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

50

【特許文献1】ドイツ特許第10340925B3号明細書

【特許文献2】国際公開第2006/092421A1号パンフレット

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

そこで本発明の課題は、コイル構造と、コイルに付属する複数の制御ユニットとで構成される、低コストな磁気案内システムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

この課題は、請求項1に記載のコイル構造によって解決され、もしくは、請求項13に記載のコイル構造、請求項16に記載のコイル構造によって解決される。本発明の発展例は、従属請求項に示されている。

10

【0012】

本発明によるコイル構造は、水平方向の第1の軸と、水平方向の第2の軸と、垂直方向の第3の軸とを含む3つの軸を有するデカルト座標系が設定された作業空間内で、磁気双極子モーメントを有する磁気物体を案内する役目を果たすものである。このコイル構造は、磁界の成分および勾配磁界を生起するための複数の個別コイルを含んでおり、勾配磁界は上記の勾配マトリクスGによって記述される。さらに、特に相応の出力増幅器として具体化される複数の制御ユニットが設けられている。

【0013】

20

本発明の第1の実施形態によると、あらゆる空間方向への磁気物体の運動を少数の個別コイルで実現するために、次のような個別コイルの構成と配置が適用される：

【0014】

複数の個別コイルは複数の第1の個別コイルを含んでおり、作業空間は、それぞれの第1の個別コイルの長軸の方向から見て、それらの第1の個別コイルによって囲まれたその内側に位置している。ここにおいて、および以下において、個別コイルの長軸とは、その長軸自体の周囲にコイルの巻線が延びているものである、ということの意味している。この場合、巻線は、そのコイルの周回を形成している。以下において、個別コイルの幅とは、そのコイルの長軸方向における巻線の幅を意味している。

【0015】

30

本発明によれば、デカルト座標系の1つまたは複数の軸に、それぞれの軸に沿って作業空間の向かい合う側で実質的に平行な平面に配置された、2つの第1の個別コイルからなる少なくとも1つの第1のコイル対が、それぞれ付属している。コイルの個数をできるだけ少なく抑えるために、デカルト座標系の1つまたは複数の軸において、第1のコイル対に代えて1つの第1の個別コイルが付属しており、もしくは第1の個別コイルが付属しておらず、ここで「第1の個別コイルが付属しない」ケースとは、軸に沿って第1の個別コイルからなるコイル対が設けられておらず、第1の個別コイルも設けられていないことを意味している。コイル対に代えて1つの第1の個別コイルが使用されるとき、作業空間は、それぞれの1つの第1の個別コイルの周回によって少なくとも部分的に取り囲まれている、すなわち、そのコイルの幅が、作業空間を少なくとも部分的に覆うこととなる。

40

【0016】

さらに、第1の個別コイルに加えて、複数の第2の個別コイルが設けられており、作業空間は、それぞれの第2の個別コイルの長軸の方向で、それぞれの第2の個別コイルの周回の外部に位置している。この場合、デカルト座標系の1つまたは複数の軸に、実質的に1つの共通の平面でそれぞれの軸に沿って作業空間の向かい合う側に配置された2つの第2の個別コイルからなる、少なくとも1つの第2のコイル対が、それぞれ付属している。ここにおいて、および以下において、共通の平面とは、それぞれのコイル対の第2のコイルで囲まれた面を通してその外に広がる平面を意味している。云うなればこれは、作業空間の周囲に、第2のコイル対に相応した第2の個別コイルを翼状に配置することである。

【0017】

50

本発明によるコイル構造の、上述した実施形態は、2つの第1の個別コイルからなる少なくとも1つのコイル対が、1つの第1の個別コイルで置き換えられることによって、使用する個別コイルの個数が削減されるという利点を有している。さらに、特に好ましい態様では、少なくとも2つの個別コイルが1つの共通の制御ユニットにより制御可能であることによって、使用する制御ユニットの個数も削減される。

【0018】

本発明の第1の実施形態の特別な構成は、ちょうど11個の個別コイルを含んでいる。ここでは2つの第1のコイル対が設けられており、第1のコイル対のうちの一方は第1の軸に付属しており、第1のコイル対のうちの他方は第3の軸に付属している。それに対するに、第2の軸には、1つの第1の個別コイルが付属している。さらに、第1の軸に付属し、第1および第3の軸によって広がる平面に配置された、1つの第2のコイル対が設けられている。これに加えて、第3の軸に付属し、実質的に互いに垂直な各平面に配置された2つの第2のコイル対が設けられており、これらの平面のうちの一方の平面は、第1および第3の軸を通して広がっており、他方の平面は、第2および第3の軸を通して広がっている。このようにして、コイル構造によって力が及ぼされる磁気物体を、ただ11個のコイルによって、空間内で任意の方向に向けることができ、また、任意の力を磁気物体に及ぼすことができる。

10

【0019】

同じく磁気物体の任意の向きと力作用とを可能にする別案の態様では、直ぐ上に述べた実施形態に準じて、同じ第1のコイル対と同じ第1の個別コイルとが含まれている。さらに、第1の軸に付属し、第1および第3の軸によって広がる平面に配置された第2のコイル対が、同様に設けられている。第3の軸に付属し、第1および第3の軸によって広がる平面に配置された第2のコイル対が、同様に設けられている。前述した実施形態とは異なり、第1の軸に付属し、第1および第2の軸によって広がる平面に配置された、別の第2のコイル対が設けられている。

20

【0020】

上に説明した特別な両方の実施例の特別に好ましい態様では、最小個数で8つの制御ユニットが、コイルの制御のために用いられる。この場合、そのコイル構造の作動時には、全ての第1の個別コイルが別々の制御ユニットによって制御されると共に、第2のコイル対がそれぞれ1つの共通の制御ユニットによって制御される。

30

【0021】

本発明の第2の実施形態は、磁気物体を空間内で任意の方向に向け、磁気物体の磁気双極子モーメントの方向と垂直軸とによって広がる平面でのみ、磁力を磁気物体に及ぼすために役立つ。この態様は、特に、例えば国際公開第2007/077922A1号パンフレットの刊行物に記載されているような、胃スクリーニングのためのカプセル内視鏡検査の分野で適用される。その場合、内視鏡カプセルは、患者の胃の中で、患者があらかじめ飲んでおいた水の中を動く。

【0022】

第2の実施形態の1つの構成では、コイル構造はちょうど9個の個別コイルを含んでいる。この場合、2つの第1のコイル対が設けられており、第1のコイル対のうちの一方は第1の軸に付属しており、第1のコイル対のうちの他方は第3の軸に付属している。さらに、第2の軸に付属する1つの第1の個別コイルが設けられている。これに加えて、このコイル構造は、第3の軸に付属し、実質的に互いに垂直な平面に配置された2つの第2のコイル対を含んでおり、これらの平面のうちの一方は第1および第3の軸を通して広がっており、他方の平面は第2および第3の軸を通して広がっている。

40

【0023】

9個のコイルを備えた上述の実施形態の別案の態様では、同じ第1のコイル対と、同じ1つの第1の個別コイルと、第3の軸に付属して第1および第3の軸の平面に位置する同じ第2のコイル対とが設けられる。但し、上述の実施形態とは異なり、第1の軸に付属して第1および第2の軸によって広がる平面に配置された、第2のコイル対が設け

50

られる。

【 0 0 2 4 】

第 2 の実施形態の上記に説明した構成の、特別に好ましい態様では、ちょうど 7 個の制御ユニットが用いられ、全ての第 1 の個別コイルは、別々の制御ユニットによって制御可能であり、第 2 のコイル対は、それぞれ共通する 1 つの制御ユニットによって制御可能である。

【 0 0 2 5 】

本発明によるコイル構造の、第 3 の実施形態は、磁気物体を空間内で任意の方向に向け、その磁気物体に対してその長軸の方向でのみ磁力を及ぼすために役立つ。この場合、物体の磁気双極子モーメントは、物体の長軸に対して垂直になっている。この実施形態は、カプセル内視鏡検査を適用するにあたり、特に検査されるべき患者の小腸および / または大腸を通してホースナビゲーションのような形式で内視鏡カプセルを動かすために役立つ。

10

【 0 0 2 6 】

この第 3 の実施形態の 1 つの態様では、コイル構造は、ちょうど 8 個の個別コイルを含んでいる。この場合、第 3 の軸に付属する第 1 のコイル対が設けられており、ならびに、第 1 の軸に付属し、第 1 および第 3 の軸によって広がる平面に配置された第 2 のコイル対が設けられている。さらに、第 3 の軸に付属し、実質的に互いに垂直な平面に配置された 2 つの別の第 2 のコイル対が設けられており、これらの平面のうちの一方の平面は、第 1 および第 3 の軸を通して広がっており、他方の平面は、第 2 および第 3 の軸を通して広がっている。

20

【 0 0 2 7 】

第 3 の実施形態のさらに別の態様では、8 個の個別コイルからなるコイル構造は、第 1 の軸に付属する第 1 のコイル対と、第 1 の軸に付属し、第 1 および第 3 の軸によって広がる平面に配置された第 2 のコイル対と、第 1 の軸に付属し、第 1 および第 2 の軸によって広がる平面に配置された別の第 2 のコイル対とを含んでいる。これに加えて、第 3 の軸に付属し、第 1 および第 3 の軸によって広がる平面に配置された、別の第 2 のコイル対が、さらに設けられている。

【 0 0 2 8 】

第 3 の実施形態の直ぐ上に述べた態様では、ちょうど 7 個の制御ユニットが設けられているようにしてもよく、その場合、全ての第 2 の個別コイルが別々の制御ユニットによって制御可能であり、第 1 のコイル対の 2 つの第 1 の個別コイルは 1 つの共通の制御ユニットによって制御可能である。別案として、制御ユニットの個数を 6 個に減らすことができるが、この場合には、第 1 の軸に付属し、第 1 および第 3 の軸によって広がる平面に配置された第 2 のコイル対の第 2 の個別コイルは、1 つの共通の制御ユニットによって制御可能である。さらに、第 1 のコイル対の 2 つの第 1 の個別コイルは、同じく 1 つの共通の制御ユニットによって制御可能である。コイル構造の残りの全ての個別コイルは、この実施形態では、別々の制御ユニットによって制御可能である。

30

【 0 0 2 9 】

本発明によるコイル構造の第 4 の実施形態では、磁気物体を空間内で任意の方向に向け、磁気物体の長軸の方向でのみ磁力を印加可能であることが意図される。この場合、磁気物体の磁気部材の磁気双極子モーメントは、磁気物体の長軸に沿った方向を向いているのが好ましく、このことは（前述した実施形態とは異なり）、例えばカプセルの形態の磁気物体がその長軸を中心として回転可能ではないという制約につながる。この実施形態は、カプセル内視鏡検査の分野で、詳しく言えば小腸ないし大腸を通してカプセルの「ホース・ナビゲーション」を行う場合に、適用するのが好ましい。

40

【 0 0 3 0 】

第 4 の実施形態の第 1 の態様では、第 1 の個別コイルからなる第 1 のコイル対だけが設けられており、少なくとも 1 つの第 1 のコイル対の第 1 の個別コイルは、1 つの共通の制御ユニットによって制御可能である。この態様では、翼状に配置された第 2 のコイル対を

50

全面的に省略することができ、少なくとも1つの第1のコイル対が1つの共通の制御ユニットによって制御されることにより、出力増幅器の個数が削減される。この場合、特別に好ましい態様では、6個の第1の個別コイルが設けられており、2つの第1の個別コイルからなる第1のコイル対が各々の軸に付属している。この態様は、ちょうど5個の制御ユニットを含んでいるのが好ましく、第1のコイル対の2つの第1の個別コイルは、1つの共通の制御ユニットによって制御可能であり、残りの第1の個別コイルは、別個の制御ユニットによって制御可能である。

【0031】

本発明によるコイル構造の第4の実施形態の別の態様では、同じく第1の個別コイルだけが設けられているが、デカルト座標系の1つまたは複数の軸に、第1のコイル対に代えて、1つの第1の個別コイルがそれぞれ付属しており、作業空間は、それぞれの1つの第1の個別コイルの周回によって少なくとも部分的に取り囲まれる。このとき、全ての第1の個別コイルが別々の制御ユニットによって制御可能であるのが好ましい。この場合、1つの好ましい態様では、コイル構造はちょうど5個の第1の個別コイルを含んでおり、すなわち2つの第2のコイル対が設けられており、ちょうど1つの第1のコイル対が、1つの第1の個別コイルで置き換えられる。

10

【0032】

本発明によるコイル構造の上記に説明した実施形態の、1つの好ましい構成では、個別コイルは少なくとも部分的に環状コイルおよび/またはサドル型コイルを含んでいる。同様に、個別コイルは少なくとも部分的に平型コイルを含むこともでき、特にこれはコイルの厚みよりも大きい長手方向の幅を有しており、幅は厚みの少なくとも10倍であるのが好ましい。特に、102008004871.2-35という出願番号のドイツ特許出願に記載されているコイルの実施形態の各々の態様を、本発明による構造にも採用することができる。この場合、前掲のドイツ特許出願の開示内容全体は、本件出願の内容の一部として受け継がれることとなる。

20

【0033】

既に述べたとおり、本発明によるコイル構造は、磁気カプセル内視鏡検査の分野で適用されるのが好ましい。1つの好ましい態様では、コイル構造は、コイル構造の作動時に検査されるべき患者が上に載る患者台を含んでおり、この患者台は、その患者台上に載っている患者の長軸が、実質的に、デカルト座標系の第2の軸の方向に延びるように配置されている。

30

【0034】

次に、本発明の実施例について、添付の図面を参照しながら詳しく説明する。

【図面の簡単な説明】

【0035】

【図1】本出願人の先の特許出願に基づく8つの出力増幅器を備える12コイルシステムを示す模式図である。

【図2】本発明の第1の実施形態に基づく8つの出力増幅器を備える11コイルシステムを示す模式図である。

【図3】出願人の以前の特許出願に基づく7つの出力増幅器を備える10コイルシステムを示す模式図である。

40

【図4】出願人の以前の特許出願に基づく7つの出力増幅器を備える10コイルシステムを示す模式図である。

【図5】本発明の第2の実施形態に基づく7つの出力増幅器を備える9コイルシステムを示す図である。

【図6】本発明の第3の実施形態に基づく6つないし7つの出力増幅器を備える8コイルシステムを示す図である。

【図7】本発明の第3の実施形態に基づく6つないし7つの出力増幅器を備える8コイルシステムを示す図である。

【図8】本発明の第4の実施形態に基づく5つの出力増幅器を備える6コイルシステムな

50

いし5コイルシステムを示す図である。

【図9】本発明の第4の実施形態に基づく5つの出力増幅器を備える6コイルシステムないし5コイルシステムを示す図である。

【図10】図3のコイルシステムの具体的な実施例を示す斜視図である。

【図11】図10のコイル構造のコイル9および10からなるコイル対を通る電流の流れを示す模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0036】

個々の実施形態について述べる前に、まず、本発明のコイル構造により案内される物体の磁気双極子モーメントと、本発明によるコイルシステムの電流もしくは相応に生起される磁界との間の関係について説明する。磁気物体として例えば永久磁石のような磁気部材を含み、例えば患者がカプセルを飲み込むことによってその患者（図示せず）の体内で位置決めされる、内視鏡カプセルが用いられることが好ましい。このようなカプセルは、通常、患者の体内器官の画像を撮影するためのカメラを含んでおり、ならびに、相応の受信機を備える処理ユニットへ撮影された画像を送信する相応の送信モジュールを含んでいる。以下において、磁気双極子モーメントを符号 m で表す。これは三次元のベクトルである。双極子モーメントは、例えば永久磁石によって生起され、カプセル内でそのカプセルの長軸方向に向いてよく、もしくは場合により、カプセル長軸に対して垂直に向いていてもよい。永久磁石は内視鏡カプセルと固定的に結合され、これにより、本発明のコイル構造によって生起される永久磁石の力およびトルクは、内視鏡カプセルに直接的に伝えら

10

20

【0037】

一般に、このコイルシステムには n 個のコイルが設けられており、それらのコイルに電流 $I_1 \sim I_n$ が流れることが前提となる。ベクトル表記では、磁気モーメント m 、コイル電流ベクトル I は、次のようになる：

【数2】

$$m = \begin{pmatrix} m_x \\ m_y \\ m_z \end{pmatrix}$$

30

【数3】

$$I = \begin{pmatrix} I_1 \\ \vdots \\ I_n \end{pmatrix}$$

40

ここに、 m_x 、 m_y 、 m_z は、コイルシステムに付属するデカルト座標系の x 軸、 y 軸、 z 軸の方向における磁気双極子モーメントの成分を各々表している。

【0038】

コイル電流によって内視鏡カプセルにトルクを及ぼす磁界が生成され、その結果、内視鏡カプセルは磁界の磁力線の方向を向く。さらに、コイルシステムによって生起される磁界の勾配により、内視鏡カプセルに対する磁力が生じる。この力を、以下においては符号 F で表すが、これをベクトル表記すると次のようになる：

【数4】

$$F = \begin{pmatrix} F_x \\ F_y \\ F_z \end{pmatrix}$$

ここで F_x , F_y および F_z は、 x 方向ないし y 方向ないし z 方向における相応の力成分を表している。

10

【0039】

マトリクス表記によれば、コイルシステムによって場所 r で生起される磁界 B および力 F と、コイル電流ベクトル I との間に、次のような関係が得られる：

【数5】

$$\begin{pmatrix} B \\ F \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} U_1 & 0 \\ 0 & U_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \end{pmatrix} I$$

ここで、次式が成り立つ：

【数6】

$$U_1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

20

【数7】

$$V_1 \cdot I = \begin{pmatrix} B_x \\ B_y \\ B_z \end{pmatrix}, \quad V_2 \cdot I = \begin{pmatrix} \partial B_x / \partial x \\ \partial B_y / \partial x \\ \partial B_z / \partial x \\ \partial B_z / \partial y \\ \partial B_y / \partial y \end{pmatrix}$$

30

ここに、 V_1 および V_2 は、場所 r およびコイルシステムの、具体的な実施形態によって設定されるマトリクスである。

【0040】

磁力 F は、5つの勾配磁界 B_x / x , B_y / x , B_z / z , B_z / y および B_y / y にのみ依存して決まることがわかり、このことは、勾配マトリクスがマクスウェル方程式に基づいて対称かつトレースフリーであるという冒頭に説明した事実から明らかである。

40

【0041】

式 $F = G \cdot m$ に基づき、マトリクス U_2 について次の値が得られる：

【数 8】

$$U_2 = \begin{pmatrix} m_x & m_y & m_z & 0 & 0 \\ 0 & m_x & 0 & m_z & m_y \\ -m_z & 0 & m_x & m_y & -m_z \end{pmatrix}$$

列番号 → 1 2 3 4 5

10

【0042】

内視鏡カプセルが動くとき、様々な医療上の用途にとって重要な、その運動方向と双極子モーメントの設定可能な向きとの様々な状況が想定され得る。これに基づき、コイルシステムおよびコイルシステムを制御するための相応の出力増幅器の異なった形態が得られる。設定された周辺条件に基づき、特定のシナリオでは対を成すコイルを同じ出力増幅器で制御することができ、また、特定のコイル対を省略したり、もしくは1つのコイルで置き換えることができる。以下においては、様々な要求事項に依存して最小のコイルシステム形態が実現される、すなわち、コイルと出力増幅器の個数をできる限り少なくした形態が実現される、その実施形態について説明する。

【0043】

20

まず、図1から図3を参照して、内視鏡カプセルを空間内で任意の方向に向けることを可能にし、磁力を任意の空間方向でカプセルに及ぼすことを可能にすることが意図される、コイルシステム形態について説明する。このようなナビゲーション要求事項を事例(A)と呼ぶ。上で述べたとおり、磁力Fは、カプセルの磁気双極子モーメントmに線形依存する。従って、以下の事例(A)については、および以後の全ての事例(B)~(D)についても、次のようなシナリオを分析するだけで足りる：

- (X) 双極子モーメントがx方向に向いている。
- (Y) 双極子モーメントがy方向に向いている。
- (Z) 双極子モーメントがz方向に向いている。

【0044】

30

双極子モーメントがx成分 m_x だけを有している事例(A・X)では、上記のマトリクス U_2 の番号1, 2および3を付した列だけが関与しており、これらが勾配磁界 B_x / x , B_y / y および B_z / x と組み合わせられる。事例(A・Y)については、双極子モーメント m_y のゆえに上記のマトリクス U_2 の列2, 4および5だけが関与する。成分 m_z を有する双極子モーメントだけが存在する事例(A・Z)については、マトリクス U_2 の番号3, 4および5を付した列だけが役割を演じる。上述した全ての事例の組み合わせから判るように、事例(A)については、5つの全ての勾配磁界が、3つの基本磁界成分との関連で必要となる、すなわち、このコイルシステムのコイルを制御するために、少なくとも8つの出力増幅器が必要である。

【0045】

40

図1は、8つの出力増幅器を備えた相応の12コイルシステムを模式図として示しており、その構造は、出願番号102008004871.2-35のドイツ特許出願を踏まえている。この特許出願の中で述べられた使用可能なコイルの実施形態は全て、以下に説明するコイルシステムの本発明による態様にも適用することができる。図1に示すコイルシステムは、12個の個別コイル1から12を含んでおり、上に挙げた先のドイツ特許出願に準じて、第1から第4のコイル1から4は同一に成形されたサドル型コイルとして構成されていてよく、これらのコイルは、水平方向のx軸ないしz軸と垂直方向のy軸とを有する図示したデカルト座標系の領域に配置された作業空間を取り囲んでいる。

【0046】

カプセル内視鏡検査のためのコイルシステムを使用するときには、図1およびその他の

50

どの図面の実施形態においても、内視鏡検査の実施の際には、患者の身体の一部がコイル 1 ~ 4 によって取り囲まれる、すなわち、患者の長軸は z 軸と平行に延びている。このように、患者の身体は、上に挙げた先のドイツ特許出願に準じて、環状コイルとして構成されることが可能な他のコイル 5 および 6 の内部に挿通される。作業空間内で相応の磁気物体ないし内視鏡カプセルの運動が行われる、すなわち、作業空間は患者身体の内部に位置している。サドル型コイル 1 から 4 ないし環状コイル 5 および 6 を使用する代わりに、サドル型コイルとは違って平坦に構成され、好ましくは長方形の断面を有する、平型コイルを用いることもできる。この場合、平型コイルは、巻線パッケージの高さよりも幅が大きい幅広の平型コイルとして構成されているのが好ましい、すなわち、コイルの長軸に沿った幅は基本的にコイルの厚みないし巻線高さよりも大きい。

10

【 0 0 4 7 】

図 1 を見ると判るように、コイル 1 ~ 6 は作業空間を取り囲んでおり、作業空間の原点は、図示している座標系の原点によって表示されている。この場合、作業空間は、コイル 1 ~ 6 によって形成される容積内にセンタリングされて配置されると共に、直方体を成しており、その向かい合う面は、対応する向かい合うコイルのほぼ半分の間隔を有している。このようにコイル 1 ~ 6 は、特許請求の範囲に記載された第 1 の個別コイルを成しており、これらのコイルでは、それぞれの個別コイルの長軸の方向から見たとき、それらのコイルの周回の内部に作業空間が位置している。相応に向かい合うコイル 1 と 2、3 と 4、5 と 6 は各々第 1 のコイル対を成しており、デカルト座標系の対応する軸がそれらに付属しており、各コイル対の個々のコイルは、作業空間の向かい合う面で、実質的に平行な平面に配置されている。コイル 1 および 2 からなるコイル対は、生起される磁界 B の磁界成分 B_x を生成する役目を果たし、これら両方のコイルがそれぞれ 1 つの出力増幅器によって別々に制御される場合には、さらに勾配磁界 B_x / x を生成することが可能である。コイル 3 および 4 は、磁界成分 B_y を調整する役目を果たし、これら両方のコイルが別々の出力増幅器によって制御される場合には、さらに勾配磁界 B_y / y を生成することが可能である。コイル 5 および 6 は、磁界成分 B_z を生成する役目を果たし、このコイル対の両方のコイルが別々の出力増幅器によって制御されるならば、さらに勾配磁界 B_z / z を生成することが可能である。以下のいずれの実施形態においても、相応のコイル 1 ~ 6 に言及するときには、これらのコイルは図 1 に準じて配置されると共に、磁界成分もしくは勾配磁界を生成する同じ機能を有している。

20

30

【 0 0 4 8 】

さらに、冒頭に述べた勾配マトリクス G の第二対角線要素を生起するために、図 1 の例では、特許請求の範囲の意味における第 2 の個別コイルを成すコイル 8 ~ 12 が、さらに設けられている。コイル 7 と 8 は、これら両方のコイルが y 軸に沿って作業空間からオフセットされて y - z 平面に配置されたコイル対を形成する。同様に、コイル 9 と 10 も、y 軸に沿ってオフセットされて作業空間の周囲に配置されたコイル対を形成するが、コイル 7 と 8 とからなるコイル対に対して 90° だけ回転して x - y 平面に配置されている。さらに、コイル 11 と 12 とからなるコイル対が設けられており、これらのコイルは、x 軸に沿って互いにオフセットされて x - y 平面で作業空間の向かい合う側に配置されている。特許請求の範囲に記載の第 2 の個別コイルの定義に合わせて、作業空間は、個別コイル 7 ~ 12 のそれぞれのコイルの長軸の方向から見て、それぞれのコイルの外側に位置している。

40

【 0 0 4 9 】

勾配マトリクス G の第二対角線要素に基づく相応の勾配磁界を生起するために、それぞれのコイル対の個々のコイル 7 と 8、9 と 10、11 と 12 を、各々 1 つの共通の出力増幅器により制御することができる。この場合、個別コイル 7 と 8 とからなるコイル対は、勾配磁界 $B_y / x (= B_x / y)$ を生起する役目を果たし、個別コイル 9 と 10 とからなるコイル対は、勾配磁界 $B_z / y (= B_y / z)$ を生起し、個別コイル 11 と 12 とからなるコイル対は、勾配磁界 $B_x / z (= B_z / x)$ を生起する役目を果たす。勾配磁界 B_x / y を生起するために、場合によってコイル対 7 と 8 は、図 7

50

に示すとおり、両方のコイル 7 と 8 とが x 軸に沿って $x - y$ 平面に配置されるように配置されていてもよい。ここにおいて、および以下の実施形態においても、コイル 7 ~ 12 に言及するときには、勾配磁界の生成に対する、相応のコイル番号の上述と同様の対応関係が成立する。通常の場合、個々のコイルは、座標系に対して図 1 と同じ幾何学的な位置でも配置される。コイル 7 および 8 についてのみ、勾配磁界 B_x / y を生起するための 2 つの別案の配置が存在する。

【 0 0 5 0 】

既に述べたとおり、3 つの磁界成分 B_x , B_y , B_z と 5 つの勾配磁界とを生起するために、8 個の出力増幅器が必要であるが、これは上記の事例 (A) によれば、磁気物体を作業空間内で任意に動かせるようにするため、もしくは任意の方向に向けるためである。第 1 の態様では、番号 1 から 8 をもつ相応の出力増幅器が、コイル 1 ~ 12 に、次のように割り当てられる：

- 出力増幅器 1 : コイル 1
- 出力増幅器 2 : コイル 2
- 出力増幅器 3 : コイル 3
- 出力増幅器 4 : コイル 4
- 出力増幅器 5 : コイル 5 および 6
- 出力増幅器 6 : コイル 9 および 10
- 出力増幅器 7 : コイル 7 および 8
- 出力増幅器 8 : コイル 11 および 12

10

20

【 0 0 5 1 】

これに準じて、別の態様では出力増幅器とコイルとの割当関係は、次のように構成されている：

- 出力増幅器 1 : コイル 1 および 2
- 出力増幅器 2 : コイル 3
- 出力増幅器 4 : コイル 6
- 出力増幅器 5 : コイル 5
- 出力増幅器 6 : コイル 9 および 10
- 出力増幅器 7 : コイル 7 および 8
- 出力増幅器 8 : コイル 11 および 12

30

【 0 0 5 2 】

これに準じて、コイル 1 ~ 6 の集合の中からコイル 3 および 4 を、1 つの共通の出力増幅器によって作動させ、これらのコイルのうち残りは、別々の出力増幅器によって作動させ、コイル 7 ~ 12 は、上に説明したものと同様の仕方で出力増幅器によって制御されるようにすることも可能である。

【 0 0 5 3 】

図 2 は、図 1 のコイルシステムの変形例を示しており、このコイルシステムは、本発明によるコイル構造の第 1 の実施形態を成している。ここでは、第 1 の個別コイルからなるコイル対のうち、図 1 の実施形態の態様に基づいて 1 つの共通の出力増幅器によって作動するものを、1 つのコイルで置き換えることができることが開示されている。それに応じて、図 2 の実施形態では、コイル 5 および 6 からなるコイル対の代わりに、1 つの個別コイル 5' が用いられており、この個別コイルは、両方の (省略される) コイル 5 とコイル 6 との間の中心位置に配置されている。個別コイル 5' は、基本的に巻線の厚みが z 方向の幅よりも小さい、幅の広い平型コイルであることが好ましい。このように、図 2 に示すコイル構造では、使用するコイルの個数を 12 個から 11 個に減らすことができ、それによってコイルシステムのコストが削減される。図 2 のコイルシステムにおいては、そのような各コイルへの個々の出力増幅器 1 ~ 8 の割当は、次のとおりである：

40

- 出力増幅器 1 : コイル 1
- 出力増幅器 2 : コイル 2
- 出力増幅器 3 : コイル 3

50

出力増幅器 4 : コイル 4
 出力増幅器 5 : コイル 5 '
 出力増幅器 6 : コイル 9 および 10
 出力増幅器 7 : コイル 7 および 8
 出力増幅器 8 : コイル 11 および 12

【 0054 】

次に、図 3 ~ 図 5 を参照しつつ、空間内で任意の方向に向けることを可能にすることが意図されるが磁気物体の磁気双極子モーメントと垂直軸すなわちコイルシステムの y 軸とによって広がる平面でのみ磁力を生成することが意図される磁気物体との組み合わせで適用される実施形態について、説明する。このことは、カプセル内視鏡検査の分野では、例えばカプセルが患者の胃の中で水中を動き、その検査にあたって患者はあらかじめ大量の水を飲んでいるというケースに相当する。水中でカプセルに作用する浮力によって、カプセルは磁気による力作用をまったく受けずに、もしくはわずかしか受けずに、水の表面に浮かぶことになる。このような適用ケースを、以下においては事例 (B) と呼ぶ。双極子モーメントが成分 m_x のみを有している事例 (B・X) については、力は $x - y$ 平面に位置していなければならない。このことは、力成分 F_z は生成され得ず、従ってマトリクス U_2 の列 1 および列 2 だけが勾配磁界 B_x / x および B_y / x と組み合わせられることを意味している。双極子モーメントが y 方向に向いている事例 (B・Y) については、力が y 方向に向いていなければならない。すなわち、力の生成のためにマトリクス U_2 の列 5 だけが関与する。カプセルの双極子モーメントが z 方向に向いている事例 (B・Z) については、力は $y - z$ 平面に位置していなくてはならない。この場合、力成分 F_x は生起されず、マトリクス U_2 の番号 4 および 5 の列だけが、力の生成に関与する。要約すると、事例 (B) については列 1, 2, 4 および 5 の要素だけが関与しており、このことは、勾配磁界 B_x / x , B_y / x , B_z / y および B_y / y だけが必要であって、 B_z / x は必要ないことを意味している。このように、3つの基本磁界成分との関連では、7個の出力増幅器があれば、そのコイル構造の制御のためには十分である。

【 0055 】

図 3 および図 4 はそれぞれ、上述した事例 (B) に基づくナビゲーション要求事項のための磁界を生起するためのコイルシステムの、2つの実施例を示している。図示した実施例は、上に挙げた出願番号 102008004871.2 - 35 の先のドイツ特許出願に記載された実施形態に実質的に相当している。図示されているコイルシステムは、10個のコイルしか含んでいない。図 1 および図 2 の実施形態に示すコイル 11 および 12 は必要なくなっているのである。これは、それらのコイルが、事例 (B) では制御しなくてよい勾配磁界 B_z / x を生成する役目を果たすものだからである。従って、その図 3 の各コイルの幾何学的な配置は図 1 の配置に相当しているが、コイル 9 および 10 は省略されている。各コイルに対する出力増幅器の割当も、図 1 を参照して説明した両方の態様に従って行うことができ、コイル 11 および 12 からなるコイル対を制御するための番号 8 の出力増幅器が省略されるに過ぎない。

【 0056 】

図 4 は、同じく上に掲げた先のドイツ特許出願に基づく、図 3 のコイルシステムの改変例を示している。図 3 の実施形態に対するこの実施形態の唯一の相違は、コイル 7 および 8 が別様に配置されているという点にある。これらのコイルは、 $x - z$ 平面に位置しており、 x 軸に沿って作業空間の向かい合う側に配置されている。このようなコイル構造によって、図 3 のコイル 7 および 8 を配置したのと同じ効果が実現される、すなわち、これらのコイルも磁界成分 B_x / y を調整する役目を果たす。図 4 の個々のコイルの制御も、同様に、図 2 を参照して説明したような、各コイルへの出力増幅器の割当に基づいて行うことができる。

【 0057 】

図 5 は、図 3 および図 4 の実施形態に準じて事例 (B) を踏まえた内視鏡カプセルのナビゲーションが可能となる、本発明によるコイルシステムの第 2 の実施形態を示している

。同じく図5の実施形態の根底にある知見は、コイル1と2、3と4、5と6からなるコイル対のうち、1つの出力増幅器によって制御されるコイル対を、1つのコイルで置き換えることができるというものである。図5には、図3の実施形態のコイル5および6が1つのコイル5'で置き換えられた態様が示されている。残りのコイルは、図3の実施形態に示すのと全く同様に配置されている。しかし、このコイルシステムは、9個のコイルしか含んでおらず、図5の実施形態については、次のように各コイルに割り当てられた7個の出力増幅器が用いられる：

- 出力増幅器1：コイル1
- 出力増幅器2：コイル2
- 出力増幅器3：コイル3
- 出力増幅器4：コイル4
- 出力増幅器5：コイル5'
- 出力増幅器6：コイル9および10
- 出力増幅器7：コイル7および8

10

【0058】

図5の実施形態の改変例では、コイル1および2からなるコイル対か、またはコイル3および4からなるコイル対のいずれかを、1つのコイルで置き換えることもでき、その場合には、y軸に沿ってコイル5および6からなるコイル対が維持される。この場合も、図5の実施形態に準じて、請求項1の意味における第1の個別コイルに相当する全てのコイルが1つの出力増幅器によって制御され、それに対するに、コイル7と8、および9と10は、それぞれ1つの共通の出力増幅器によって制御される。

20

【0059】

図6と図7は、磁気物体を空間内で任意の方向に向けることが意図され、カプセルの長軸の方向でのみ磁力が及ぼされ、カプセル内の永久磁石の磁気モーメントがカプセル長軸に対して垂直方向に向くようにした、本発明の実施形態に関わるものである。以下において事例(C)と呼ぶこのナビゲーション要求事項は、特に、小腸ないし大腸での内視鏡カプセルの「ホースナビゲーション」のために適用される。カプセル長軸に対して垂直方向の磁気モーメントの向きに基づき、カプセルの長軸を中心とする回転を生成することができ、これにより、例えば螺旋形のカプセルの場合には、その相応の回転運動によって、腸内を通るカプセルの良好な前進運動が可能となる。特に、図6および図7の実施形態に基づき以下のコイル形態は、米国特許出願公開第2003/0020810A1号明細書ないし米国特許出願公開第2003/0181788A1号明細書に開示されている螺旋形のカプセルについて適用することができる。

30

【0060】

x方向を向く双極子モーメント m_x の事例(C.X)については、生成される力はy-z平面に位置していなくてはならない。このことは、力成分 F_x が発生せず、マトリクス U_2 の番号2および3を付した列の要素だけが関与することを意味しており、これらが相応の勾配磁界 B_y / x および B_z / x と乗算される。事例(C.Y)に相当する、y方向に向く双極子モーメント m_y のケースについては、力はx-z平面に位置していなければならない。その場合には、力成分 F_y は発生しないので、マトリクス U_2 のうちで関与するのは列2および4の要素だけである。磁気双極子モーメントがz方向を向いている事例(C.Z)については、力はx-y平面に位置していなければならない。すなわち、 F_z 力成分は発生せず、マトリクス U_2 の列3および4だけが関与する。このように全体として、事例(C)については3つの勾配磁界しか必要なく、すなわち B_y / x , B_z / x , および B_z / y しか必要ない。この場合、これら3つの基本磁界成分との関連で、少なくとも6個の出力増幅器が必要である。

40

【0061】

図6は、事例(C)のナビゲーション要求事項を満たすための本発明によるコイル構造の実施形態を示している。図6の実施形態の構造は、図1に示す実施形態の構造に類似しているが、コイル1と2およびコイル5と6が、省略されている。3つの勾配磁界 B_y

50

B_z / x および B_z / y と、3つの基本磁界成分とを生起するために、6個または7個の出力増幅器で供給を行うことができる。7個の出力増幅器が用いられるケースでは、番号1～7の相応の出力増幅器が、次のように各コイルに割り当てられる：

出力増幅器 1：コイル 9
 出力増幅器 2：コイル 10
 出力増幅器 3：コイル 7
 出力増幅器 4：コイル 8
 出力増幅器 5：コイル 11
 出力増幅器 6：コイル 12
 出力増幅器 7：コイル 3 および 4

10

【0062】

図6の8コイルシステムを制御するために6個の出力増幅器だけが用いられる態様では、出力増幅器と各コイルとの間の割り当ては、次のように行われる：

出力増幅器 1：コイル 9
 出力増幅器 2：コイル 10
 出力増幅器 3：コイル 7
 出力増幅器 4：コイル 8
 出力増幅器 5：コイル 11 および 12
 出力増幅器 6：コイル 3 および 4

20

【0063】

図7は、上述の事例(C)のナビゲーション要求事項を満たすための8コイルシステムの、さらに別の態様を示している。

【0064】

図7に示す実施形態が図6に示す実施形態と相違しているのは、磁界成分 B_y / x を生起するために用いられるコイル7および8が、x軸に沿ってx-z平面に配置されていることである。さらに、コイル対3, 4の代わりに、作業空間の向かい合う側でx軸に沿って平行な平面に配置されたコイル対1, 2が用いられている。

【0065】

コイルを制御するために、同じく6個ないし7個の出力増幅器を使用することができる。7個の出力増幅器を有する態様では、これらの出力増幅器が次のように各コイルに割り当てられる：

30

出力増幅器 1：コイル 9
 出力増幅器 2：コイル 10
 出力増幅器 3：コイル 7
 出力増幅器 4：コイル 8
 出力増幅器 5：コイル 11
 出力増幅器 6：コイル 12
 出力増幅器 7：コイル 1 および 2

【0066】

各コイルを制御するために6個の出力増幅器だけが用いられる態様では、番号1～6の出力増幅器が、次のように各コイルに割り当てられる：

40

出力増幅器 1：コイル 9
 出力増幅器 2：コイル 10
 出力増幅器 3：コイル 7
 出力増幅器 4：コイル 8
 出力増幅器 5：コイル 11 および 12
 出力増幅器 6：コイル 1 および 2

【0067】

以下において事例(D)と呼ぶ、さらに別のナビゲーション要求事項では、磁気カプセルを空間内で任意の方向に向けることが可能であり、カプセル長軸の方向でのみ磁力をカ

50

プセルに印加可能であることが意図されており、カプセルの磁気モーメントはカプセル長軸に沿う方向を向いている。この事例(D)も、特に、小腸および/または大腸でのホースナビゲーションのために内視鏡カプセルを磁気で案内する態様に関わるものである。但し、この態様(D)では、カプセルは、長軸と平行に向く磁気双極子モーメントに基づき、その長軸を中心として回転することはできない。

【0068】

x方向に向く双極子モーメント m_x の事例(D・X)については、力成分 F_x だけが生成され、すなわちマトリクス U_2 の列1だけが関与し、これが勾配磁界 B_x / x と組み合わせられる。y方向に向く双極子モーメント m_y の場合については(事例(D・Y))、力はy方向に向いており、すなわち力成分 F_y だけが発生する。この事例ではマトリクス U_2 の列5だけが関与し、これが勾配磁界 B_y / y と組み合わせられる。z方向を向く双極子モーメント m_z の場合については(事例(D・Z))、力は成分 F_z だけを含んでおり、すなわちマトリクス U_2 の列1および5だけが関与し、これが相応の勾配磁界 B_x / x ないし B_y / y と組み合わせられる。このように事例(D)では、3つの基本磁界成分の他に、勾配マトリクスGのさらに別の2つの対角線要素だけが生起されなくてはならない。というのは、勾配マトリクスがトレースフリーであることに基づき、式 $B_z / z = - B_x / x - B_y / y$ が成り立つからである。従って、事例(D)の具体化のためには、5個の出力増幅器が必要である。

【0069】

図8と図9は、事例(D)のナビゲーション要求事項を満たすためのコイルシステムの相応の態様を示している。図8の態様では、特許請求の範囲の用語法に則して第1の個別コイルに相当する6個の個別コイル1~6が用いられる。5個の出力増幅器だけしか必要ないので、コイル1と2、3と4、5と6という各コイル対のうちの1つを、1つの共通の出力増幅器によって制御することができる。従って、番号1~5の出力増幅器を相応のコイルに、次のように割り当てることが可能である：

態様a)：

- 出力増幅器1：コイル1および2
- 出力増幅器2：コイル3
- 出力増幅器3：コイル4
- 出力増幅器4：コイル5
- 出力増幅器5：コイル6

態様b)：

- 出力増幅器1：コイル1
- 出力増幅器2：コイル2
- 出力増幅器3：コイル3および4
- 出力増幅器4：コイル5
- 出力増幅器5：コイル6

態様c)：

- 出力増幅器1：コイル1
- 出力増幅器2：コイル2
- 出力増幅器3：コイル3
- 出力増幅器4：コイル4
- 出力増幅器5：コイル5および6

【0070】

図9は、事例(D)のナビゲーション要求事項を満たすための、別の実施形態を示している。図8の実施形態で1つの共通の出力増幅器によって制御されるコイル対が、1つのコイルで置き換えられている。図9は、コイル5と6とからなるコイル対が、個別コイル5'で置き換えられた態様を示している。同様に、コイル1と2とからなるコイル対またはコイル3と4とからなるコイル対を、それぞれ省略されるべきコイル対の間の中央に配置された1つのコイルで置き換えることも可能である。図9の実施形態では、全てのコイ

ルが個別に別々の出力増幅器から供給を受ける。すなわち、番号 1 ~ 5 の出力増幅器と各コイルとの間には、次のような割当関係がある：

- 出力増幅器 1 : コイル 1
- 出力増幅器 2 : コイル 2
- 出力増幅器 3 : コイル 3
- 出力増幅器 4 : コイル 4
- 出力増幅器 5 : コイル 5

【 0 0 7 1 】

図 1 0 は、図 3 のコイル構造の具体的な実施例を斜視図として示したものであり、この図 1 0 で使用されているコイルは、先行する図 1 ~ 図 9 のいずれの実施形態のものとしても適用可能である。この図から判るとおり、本実施例では、個々のコイル 1 ~ 1 0 は平型コイルとして構成されており、コイル 7 および 8 に加えて、特にコイル 9 および 1 0 も、幅の広い平型コイルとして構成されており、その幅 b は、それぞれコイルの厚みないし巻線の高さよりも明らかに大きくなっている。この幅の広い平型コイルは、1 つのコイル対が中央に配置された 1 つのコイルで置き換えられる実施形態においても、好ましく適用される。少なくとも、先行する実施例で符号 5 ' が付されている、この中央に配置されるコイルは、幅の広い平型コイルとして構成される。

10

【 0 0 7 2 】

図 1 1 は、図 1 0 に示すコイル 9 および 1 0 を通る相応の電流を示している。ここでは、勾配マトリクスに対応する第二対角線要素の勾配磁界は、図 1 1 に符号 L で示す一次導体によってのみ、惹起される。コイルの残りの導体は、すなわち帰線は、作業空間からできるだけ遠く離して配置されているのがよい。さらに、そのコイルの通電部分は、できるだけ作業空間の近傍に配置されているのがよく、それに基づいて、幅の広い平型コイルとしてのコイル 9 ないし 1 0 の好ましい構成がもたらされる。

20

【 0 0 7 3 】

以上に説明した本発明の各態様に基づき、特に永久磁石を備える内視鏡カプセルである磁気物体の動きの自由度に関する要求事項に応じて、少ないコストで以て、すなわちできる限り少ない個数の出力増幅器ないしコイルで以て具体化することが可能な最小のコイルシステム形態が創出される。これは特に、本発明によれば、相応のナビゲーション要求事項において、コイルを制御するための出力増幅器の個数を減らすことができる、もしくはコイルの個数を減らすことができる、という知見に依拠している。

30

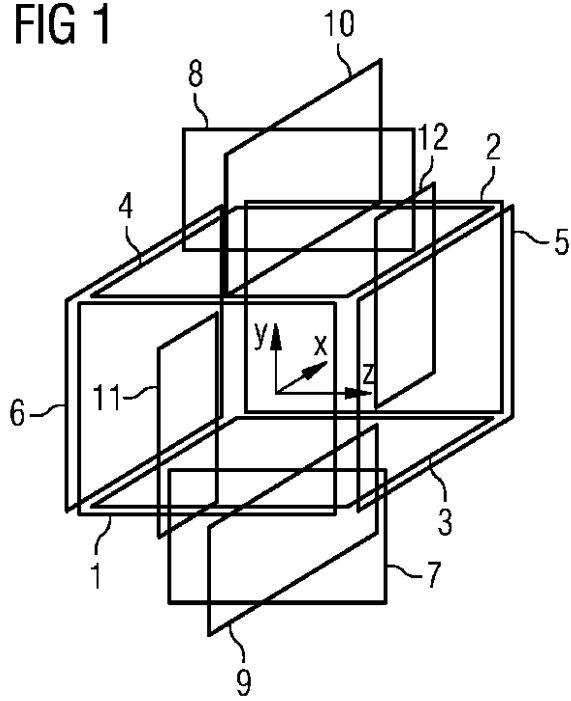
【 符号の説明 】

【 0 0 7 4 】

- 1 - 1 2 , 5 ' 個別コイル
- x, y, z 三次元直交座標系における各軸
- b コイルの幅
- L 一次導体 (の長さ)

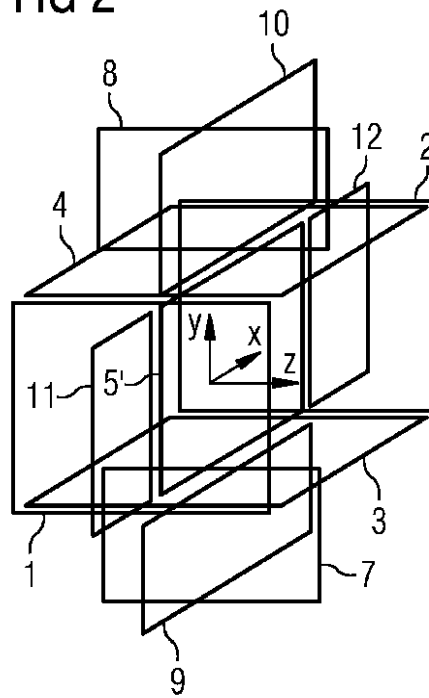
【図1】

FIG 1



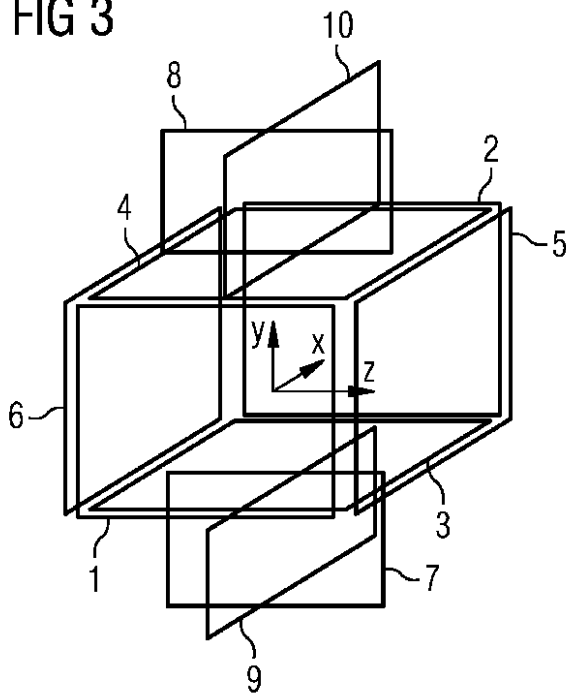
【図2】

FIG 2



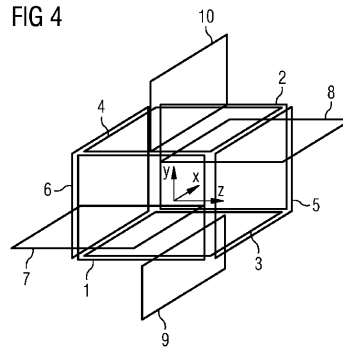
【図3】

FIG 3



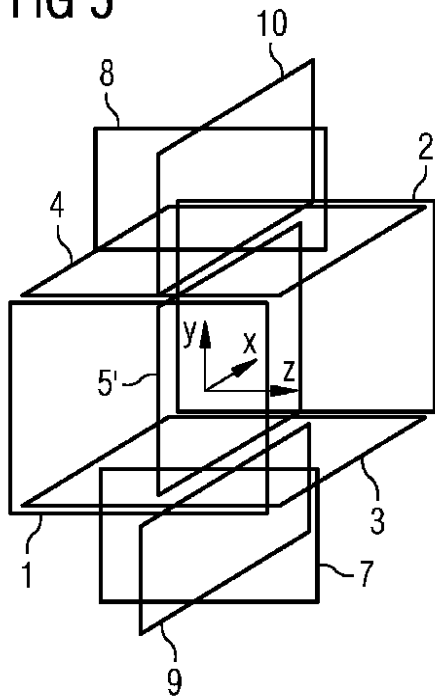
【図4】

FIG 4



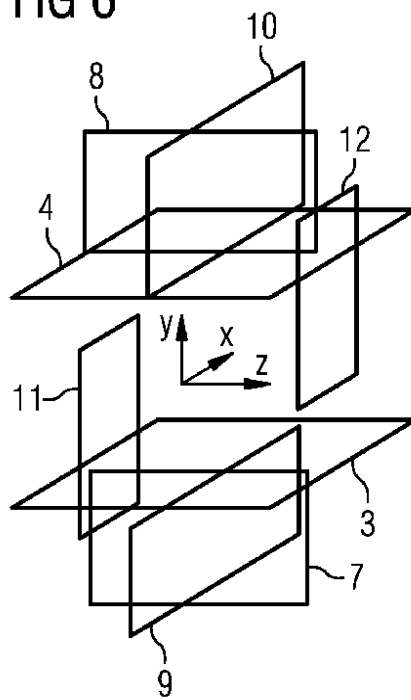
【 図 5 】

FIG 5



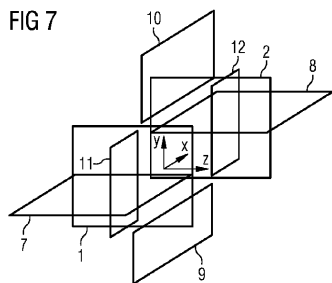
【 図 6 】

FIG 6



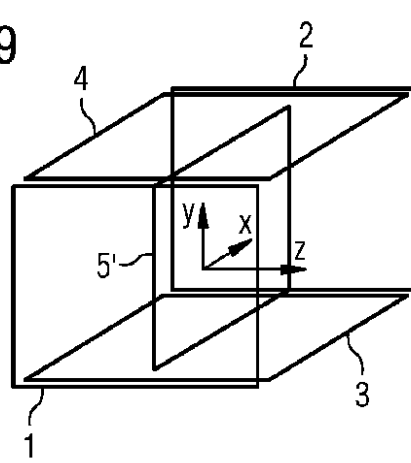
【 図 7 】

FIG 7



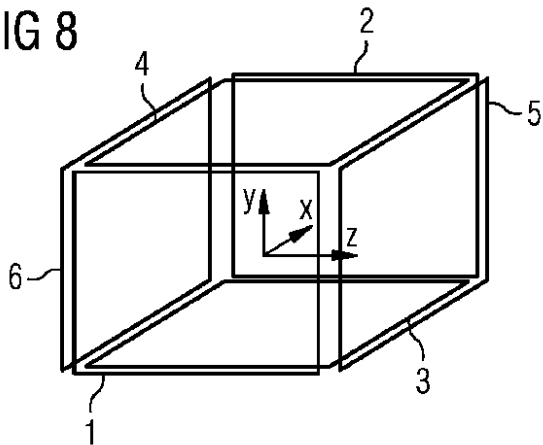
【 図 9 】

FIG 9



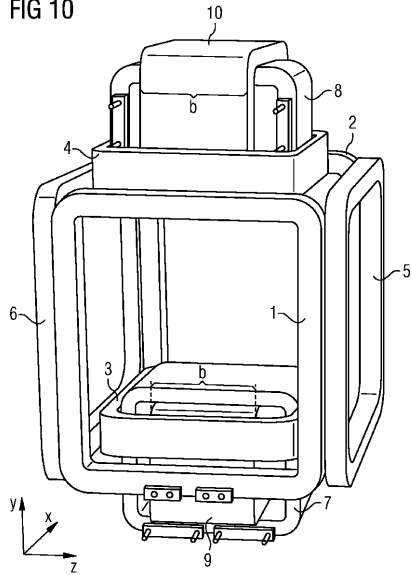
【 図 8 】

FIG 8



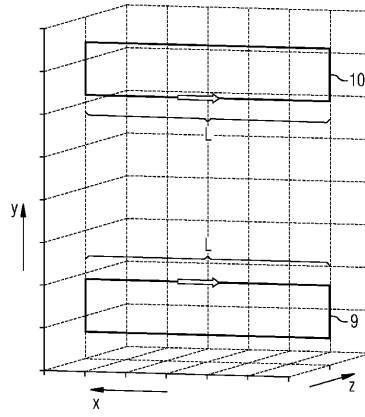
【 10 】

FIG 10



【 11 】

FIG 11



フロントページの続き

(72)発明者 ラインシュケ、ヨハネス

ドイツ連邦共和国 90419 ニュルンベルク ロリッツァー シュトラーセ 8

審査官 増淵 俊仁

(56)参考文献 特開2005-081146(JP, A)

国際公開第2007/074888(WO, A1)

米国特許出願公開第2007/0232899(US, A1)

米国特許出願公開第2008/0272873(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 1/00 - 1/32

A61B 5/07

专利名称(译)	用于在工作空间中引导磁性物体的线圈结构		
公开(公告)号	JP5345241B2	公开(公告)日	2013-11-20
申请号	JP2012500166	申请日	2010-02-12
[标]申请(专利权)人(译)	西门子公司		
申请(专利权)人(译)	西门子激活日元Gezerushiyafuto		
当前申请(专利权)人(译)	西门子激活日元Gezerushiyafuto		
[标]发明人	ラインシュケヨハネス		
发明人	ラインシュケ、ヨハネス		
IPC分类号	A61B1/00 A61B19/00		
CPC分类号	A61B34/73 A61B34/70 A61B2034/732		
FI分类号	A61B1/00.320.B A61B19/00.502		
代理人(译)	山口岩 山本浩		
优先权	102009013352 2009-03-16 DE		
其他公开文献	JP2012520161A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

一种用于在工作空间中引导磁性物体(例如内窥镜胶囊)的线圈组件,其中磁性物体具有磁偶极子,包括具有多个单独线圈和相应的激活单元的不同形式的线圈组件,用于将电流馈送到相应的线圈。线圈布置可以具有正好十一个单独的线圈和八个功率放大器,九个单独的线圈和七个功率放大器,八个具有六个或七个功率放大器的单个线圈,六个具有五个功率放大器的单个线圈,以及五个具有五个功率放大器的单个线圈。

$$r = \begin{bmatrix} I_1 \\ \vdots \\ I_n \end{bmatrix}$$