

(19)日本国特許庁 ( J P )

# (12) 公表特許公報 ( A ) (11)特許出願公表番号

## 特表2002 - 536037

### (P2002 - 536037A)

(43)公表日 平成14年10月29日(2002.10.29)

(51) Int. Cl <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード ( 参考 )
A 6 1 B 5/06		A 6 1 B 5/06	
H 0 1 F 6/00	ZAA	H 0 1 F 7/22	ZAA A

審査請求 未請求 予備審査請求 ( 全 65数 )

(21)出願番号 特願2000 - 596818(P2000 - 596818)

(86)(22)出願日 平成12年2月3日(2000.2.3)

(85)翻訳文提出日 平成13年8月6日(2001.8.6)

(86)国際出願番号 PCT/US00/03087

(87)国際公開番号 W000/45692

(87)国際公開日 平成12年8月10日(2000.8.10)

(31)優先権主張番号 60/118,959

(32)優先日 平成11年2月4日(1999.2.4)

(33)優先権主張国 米国(US)

(71)出願人 ステリオタクシス インコーポレイテッド  
STEREOTAXIS, INC.  
アメリカ合衆国 ミズーリ州 63108 セン  
ト・ルイス フォレスト・パーク・アベニ  
ユ 4041

(72)発明者 フランシス エム クレイトン ザ・フォ  
ース  
アメリカ合衆国 ミズーリ州 63112 セン  
ト・ルイス パーシング・アベニユ ナン  
バー・12 5631

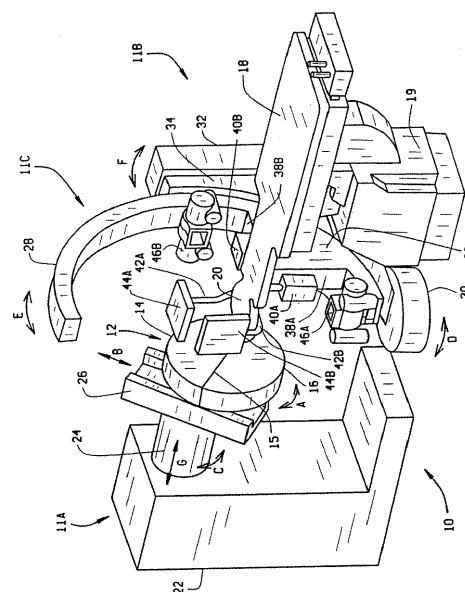
(74)代理人 弁理士 田中 浩 ( 外 1 名 )

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 磁気的に支援された外科用の効率的なマグネット・システム

#### (57)【要約】

磁気的に支援された外科的処置用システムは、磁気的支持構造体と、患者支持構造体と、該患者支持構造体によって支持された患者の処置領域でマグネットが近距離磁界を与えるように上記磁気的支持構造体に取り付けられた少なくとも4極を有するマグネットとを含んでいる。マグネットは、処置領域において磁力線の方向が可調整であるように移動可能である。マグネットは永久的に磁化され、極めて安定したディスク構成をなすように結合された1対の実質的に半円形の半部を含む。マグネットによって与えられる磁界およびグラジエント・フィールドは、ディスクの回転と組み合わせられて1つの面内におけるディスクの動きが外科的使用期間中、磁界を方向付けるのに充分であり、それによって外科的処置期間中に必要とされる医療用画像生成装置との干渉を低減させる。このシステムと協働して外科的処置用に使用される医療用誘導装置の例として、一連の透磁性リングを有する可撓性内視鏡あるいはカテーテルがある。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 患者の体内にあって磁界に応動する要素を制御する方法であつて、

上記体内にある上記要素に少なくとも2つの異なる磁界を与えて上記要素を制御することを含み、

上記2つの磁界はその磁界方向とグラジエントの間の角度関係が異なるものである、  
方法。

【請求項2】 上記要素に与えられる上記磁界の一方において、グラジエントは磁界方向に実質的に平行であり、上記要素に与えられる上記磁界の他方においてグラジエントは磁界方向に実質的に垂直である、請求項1に記載の方法

【請求項3】 上記要素に与えられる上記磁界の1つはパーマネント・マグネットの端部磁界であり、上記要素に与えられる上記磁界の1つはパーマネント・マグネットの側部磁界である、請求項2に記載の方法。

【請求項4】 上記パーマネント・マグネットが多重極パーマネント・マグネットである、請求項3に記載の方法。

【請求項5】 上記多重極パーマネント・マグネットが4重極パーマネント・マグネットである、請求項4に記載の方法。

【請求項6】 マグネット・フィールドが少なくとも1個のパーマネント・マグネットを用いて与えられる、請求項1に記載の方法。

【請求項7】 上記磁界が少なくとも1個のパーマネント・マグネットを用いて与えられる、請求項1に記載の方法。

【請求項8】 上記患者に対するマグネットの位置および方位の少なくとも一方を変化させることによって上記少なくとも2つの磁界が上記要素に与えられる、請求項7に記載の方法。

【請求項9】 上記磁界が少なくとも1個の電磁コイルを用いて与えられる、請求項1に記載の方法。

【請求項10】 上記患者に対するマグネットの位置および方位の少なくとも一方を変化させることによって上記少なくとも2つの磁界が上記要素に与えら

れる、請求項9に記載の方法。

【請求項11】 上記磁界が少なくとも1個の超電導電磁コイルを用いて与えられる、請求項10に記載の方法。

【請求項12】 上記患者に対するマグネットの位置および方位の少なくとも一方を変化させることによって上記少なくとも2つの磁界が上記要素に与えられる、請求項11に記載の方法。

【請求項13】 磁界の制御された印加によって、患者の体内にあって磁界に応動する要素を制御する方法であって、

改良点として、磁界方向とグラジエントの間の角度が異なる少なくとも2つの異なる磁界を連続的に与えることを含む、方法。

【請求項14】 患者の体内にあって与えられた磁界に応動する要素を制御する方法であって、

磁氣的グラジエントが、磁界方向に沿って上記要素を方位付けるのに無視し得るものである磁界と、磁氣的グラジエントが、上記要素をこの要素の方位と異なる方向に引込むのに無視できないもので且つ磁界方向に対して傾斜しているものである磁界とを含む一連の磁界を与えることを含む、方法。

【請求項15】 患者の体内にあって与えられた磁界に応動する要素を制御する方法であって、

磁氣的グラジエントの方向と強度が、磁界方向に沿って上記要素を方位付けるのに無視し得るものである磁界と、磁氣的グラジエントが、上記要素をこの要素の方位と異なる方向に引込むのに無視できないもので且つ磁界方向に対して傾斜しているものである磁界とを含む、上記要素を制御するための一連の磁界を与えることを含む、方法。

【請求項16】 患者の磁氣的に支援された外科的処置のための装置であって、

マグネット支持構造体と、少なくとも4つの極を有するマグネットと、を含み、

上記マグネットは、このマグネットが患者の内部の処置領域において近距離磁界を与えるように上記マグネット支持構造体に取り付けられており、上記マグネ

ットはその患者の内部の上記処置領域における磁力線の方向を変化させるよう移動可能なものである、  
装置。

【請求項17】 上記マグネットが4重極マグネットである、請求項16に記載の装置。

【請求項18】 上記マグネットがパーマネント・マグネットである、請求項17に記載の装置。

【請求項19】 上記マグネットは、概ね円柱状であり、半径とこの半径に垂直の軸とを有するものである、請求項18に記載の装置。

【請求項20】 上記マグネットは1対の実質的に半円状のセグメントを含み、

この1対の実質的に半円状のセグメントは、上記セグメントが互いに引き合い、マグネット・ディスクの近傍領域において、上記マグネットの軸に沿って上記マグネット・ディスクに実質的に平行な磁界を与えるように、結合されたものである、

請求項19に記載の装置。

【請求項21】 上記マグネットは、上記患者の上記処置領域における磁力線の方向が変化するように、上記マグネットの軸上で回転可能に取り付けられているものである、請求項19に記載の装置。

【請求項22】 上記マグネットが少なくとも1つの半径方向に平行移動可能に取り付けられている、請求項21に記載の装置。

【請求項23】 上記マグネットは複数の半径方向に平行移動可能であるように取り付けられているものである、請求項22に記載の装置。

【請求項24】 さらに、上記患者の上記処置領域の医療用画像を生成するように構成された医療用画像生成システムを含む、請求項23に記載の装置。

【請求項25】 医療用画像生成システムは、X線源と、上記患者の上記処置領域の反対側にあるX線結像プレートとを含み、さらに上記X線源と上記X線結像プレートは、全体的に上記マグネットの面の一側部側の領域に配置されているものである、請求項24に記載の装置。

【請求項26】 上記マグネットがNdFeB最大エネルギー製品である、請求項17に記載の装置。

【請求項27】 上記マグネットが44MgOeの組成物を有する、請求項26に記載の装置。

【請求項28】 上記マグネットはディスク状に形成されており、半径が約31.47cm、厚みが約15.75cmである、請求項27に記載の装置。

【請求項29】 上記マグネットはその面から約15.24cmの位置で少なくとも約0.15Tの磁界を与えるものである、請求項28に記載の装置。

【請求項30】 上記マグネットが少なくとも1個の電磁コイルを含む、請求項1に記載の装置。

【請求項31】 上記マグネットは、4重極またはより高次の磁界を与えるようにクロスオーバを持った連続的に巻回されたコイルを含むものである、請求項30に記載の装置。

【請求項32】 上記マグネットは、少なくとも1対の個々に巻回された電磁コイルを含むものである、請求項30に記載の装置。

【請求項33】 上記コイルはそれぞれパイ状のセクションの形に成形されており、円形の構造となるように組み立てられるものである、請求項32に記載の装置。

【請求項34】 上記1対の個々に巻回された電磁コイルはD字状であり、各D字状コイルの平坦部分が互いに隣接している、請求項33に記載の装置。

【請求項35】 少なくとも1個のコイルが超電導である、請求項30に記載の装置。

【請求項36】 外科的処置を磁氣的に支援する装置であって、

患者の内部に導入されるように構成された磁氣的デリバリ・ビヒクルと、

マグネット支持基体と、

上記支持基体上に調整可能に支持され、指定された方向の磁界を与えるように上記支持基体上で位置設定可能であり、上記磁氣的デリバリ・ビヒクルが患者支持構造体によって支持された患者の内部に導入される位置において横方向のグラジエントを有するマグネット・アセンブリと、

を具える、装置。

【請求項37】 上記マグネット・アセンブリは、磁氣的作動体を有するコンピュータ制御ロボットアームを含むものである、請求項36に記載の装置。

【請求項38】 さらに、上記磁氣的デリバリ・ビヒクル、上記マグネット・アセンブリ、および上記患者の上記処置領域の相対位置および方位を与えるよう構成された医療用画像生成装置を具える、請求項36に記載の装置。

【請求項39】 前面を有し且つ複数のセグメントを含む複合マグネットであって、

上記セグメントはそれぞれ上記マグネットの前面から離れた或る選択された作用点において或る選択された方向に最大磁界を与えるように磁化されたものである、  
複合マグネット。

【請求項40】 各セグメントは、セグメントの重心において、上記選択された作用点において上記選択された方向の磁界に対して最大寄与を与える磁化の方向に磁化されているものである、請求項39に記載の複合マグネット。

【請求項41】 前面および背面を有し且つ複数のセグメントを含むマグネットであって、

上記セグメントはそれぞれ上記前面から離れた作用点において或る選択された方向に実質的に最大磁界を与えるように磁化されており、上記背面は上記作用点における上記選択された方向の磁界に対する一定寄与の面に従うように実質的に輪郭が定められているものである、  
マグネット。

【請求項42】 各セグメントは上記マグネットの上記前面に向かうように配向された前面と、上記マグネットの上記背面に向かうように配向された背面と、これらの中で少なくとも1つの側部を含む側壁とを有し、上記側部は上記作用点に向かって集中するように構成されているものである、請求項41に記載のマグネット。

【請求項43】 上記前面と上記背面の間に複数のセグメントの層を含む、請求項42に記載のマグネット。

【請求項44】 各層は上記作用点において上記選択された方向の磁界に対する一定寄与の面によって実質的に境を接しているものである、請求項43に記載のマグネット。

【請求項45】 或る選択された作用点において或る選択された方向の磁界を与えるマグネットであって、

概して上記作用点の方向を向いた前面と、概して上記作用点と反対の方向を向いた背面とを含み、

上記背面は上記選択された方向の磁界の一定寄与面に概して一致しているものである、  
マグネット。

【請求項46】 上記マグネットが複数のセグメントに分割されている、請求項45に記載のマグネット。

【請求項47】 各セグメントは、概して上記作用点の方向を向いた前面と、概して上記作用点と反対の方向を向いた背面とを含み、この背面は上記選択された方向の磁界の一定寄与面と概して一致しているものである、請求項46に記載のマグネット。

【請求項48】 各セグメントは、さらに上記前面と上記背面の間に伸びる少なくとも1つの側部を含む側壁を有し、上記側壁は上記作用点に向かって集中しているものである、請求項46に記載のマグネット。

【請求項49】 セグメントの層が複数存在し、各層は上記選択された方向の磁界に対する一定寄与の範囲に概して一致しているものである、請求項48に記載のマグネット。

【請求項50】 各セグメントは、このセグメントの重心において、上記選択された作用点において上記選択された方向の磁界に対して最大寄与を与える磁化の方向に磁化されているものである、請求項48に記載のマグネット。

【請求項51】 各セグメントは、このセグメントの重心において、上記選択された作用点において上記選択された方向の磁界に対して最大寄与を与える磁化の方向に磁化されているものである、請求項47に記載のマグネット。

【請求項52】 各セグメントは、このセグメントの重心において、上記選

択された作用点において上記選択された方向の磁界に対して最大寄与を与える磁化の方向に磁化されているものである、請求項48に記載のマグネット。

【請求項53】 各セグメントは、このセグメントの重心において、上記選択された作用点において上記選択された方向の磁界に対して最大寄与を与える磁化の方向に磁化されているものである、請求項49に記載のマグネット。

【請求項54】 上記選択された作用点が上記マグネットの前面から少なくとも約12.54cmの位置にある、請求項49に記載のマグネット。

【請求項55】 上記選択された作用点が上記マグネットの前面から少なくとも約20.32cmの位置にある、請求項49に記載のマグネット。

【請求項56】 上記前面が実質的に平坦である、請求項49に記載のマグネット。

【請求項57】 或る選択された作用点において或る選択された方向の磁界を与えるマグネットであって、

上記作用点の方向を向いた概して平坦な前面と、上記作用点と反対の方向を向いた湾曲した背面とを有し、

複数のセグメントを含み、この複数のセグメントの各々はこのセグメントの重心において、上記選択された作用点において上記選択された方向の磁界に対して最大寄与を与える方向に磁化されているものである、  
マグネット。

**【発明の詳細な説明】****【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、磁氣的に支援された外科的処置のためのシステムに関し、特に、外科的にインプラントされた（埋め込まれた）磁氣的医療用装置をガイドするのに必要な磁界を生成するシステムに関する。

**【0002】****【発明の背景】**

磁氣的医療装置を患者の体内でナビゲートするために案内するための幾つかのマグネット（磁石）システムが、提案されまたは開発中である。このようなシステムの一例が、共に譲渡された出願番号第09/189,633号、発明の名称“Articulated Magnetic Guidance System（関節形磁氣的ガイダンス・システム）”の出願に開示されている。ここで、この出願全体を参照して組み込む。ここに開示された装置はベッドと、ベッド関節システムと、1対のX線源と、コイルまたはマグネット（磁石）関節システムと、任意の対数の付加マグネットとを含んでいる。マグネット関節システムは、関節支持体と、極角度（polar angle）を通しておよび半径方向の双方にアーチ形（弧状）アームに沿ってコイルまたはパーマネント・マグネット（永久磁石）を移動させるサーボ制御機構とを含んでいる。必要があれば全アームを方位角を通してピボット回転させることもできる。アーム自体はトラック（軌道）およびジンバル（gimbal）アセンブリを含んでもよい。参照された出願に開示された他の実施例として、アーム自体が関節支持体を介して移動可能なもの、マグネットまたはコイルがピボット回転可能なリング支持体上にマウント（設置）されたもの、マグネットまたはコイルがロボット・アーム上の作動子（エフェクタ）としてマウントされたもの等がある。後者の実施例では、ロボット・アームの作動子および他の全ての部品に患者や医療に携わる人員、さらに当然のことながら接触によって損傷を受ける可能性のある他の物品との偶発的な接触を防止するための排他的領域を設けることが望ましい。

**【0003】**

患者の体内で磁氣的医療装置を案内するための他の磁氣的システムが、共に譲渡された1998年12月14日付け出願の出願番号第09/211,723号、発明の名称“Open Field System for Magnetic Surgery (磁氣的外科的処置用オープン磁界システム)”の明細書中に開示されている。ここで、この出願全体を参照して組み込む。患者の処置領域内で有効な磁界(マグネティック・フィールド)を与えるために複数のマグネットが構成され配置されており、画像生成あるいは他の目的で患者にアクセスしつつ処置領域内で磁氣的医療装置をナビゲート(誘導、案内)する。1個のマグネットが、処置領域を通して伸びる複数の傾斜軸の少なくとも1つの軸に沿って磁界を与えるように配列され、構成されている。複数の傾斜軸のうちの他の各傾斜軸に沿って磁界を与えるように1あるいはそれ以上のマグネットが配列され、構成されている。そのマグネットによって発生された磁界は、実質的に全処置領域内で磁氣的医療装置を可制御的にナビゲートするのに有効である。ここで参考として示した上記出願に開示されたシステムの好ましい実施例では、3つの互いに直角をなす面内に3個のマグネットが配置されており、これらのマグネットはそれらの軸が少なくとも集中、より好ましくは処置領域内で交叉するように配列されている。マグネットは通常開(オープン)構成に配列されており、そのため患者は処置領域に到達するためにマグネット・コイルを通して伸びる必要はない。好ましい実施例では、マグネットは、半円形のシェル(shell)に対向する概して下向きの互いに固定されたコイルを含んでいる。

#### 【0004】

患者の体内でナビゲートされる磁氣的医療装置を案内するためのさらに他の磁氣的システムが、共に譲渡された1998年12月14日付け出願の出願番号第60/095,710号、発明の名称“Method and Apparatus for Magnetically Controlling Catheters for Body Lumens and Cavities (身体の管腔および腔用のカテーテルを磁氣的に制御する方法および装置)”の明細書中に開示されている。ここで、この出願全体を参照して組み込む。ここに開示された発明の装置は、概して医療装置のマグネットが取り付けられた先端部に磁界を与えるためのマグネット・システム含んでいる。この磁界は、身体内で医療装置の先端部をナ

ビゲートし、方向付けし、保持することができる磁界を与えるものである。この装置はまたマグネット・システムを制御するためのコンピュータを具えている。コンピュータに接続された画像生成装置はカテーテルがナビゲートされている身体部分の画像を生成する。これらの画像用の表示装置（ディスプレイ）が設けられている。コンピュータに接続されたコントローラは、2点および3点ナビゲートするためにユーザがディスプレイ上に点を入力することができる制御桿およびトリガを具えている。マグネット・システム自体は、好ましくは各種の方向および強度をもった磁界を生成するために身体部分の周囲に配置される電磁コイルの組である。このような使用目的に適したマグネット・システムが1989年9月26日付けで特許された米国特許第4,869,247号、発明の名称“Video Tumor Fighting System（ビデオ腫瘍攻撃システム）”、および1992年6月30日付けで特許された米国特許第5,125,888号、発明の名称“Magnetic Stereotactic System for Treatment Delivery（処置用供給のための磁気的定位的システム）”に開示されている。これらの両出願の開示内容全体を参照して組み込む。

#### 【0005】

共に譲渡された1998年2月9日付け出願の出願番号第09/020,798号、発明の名称“Device and Method for Specifying Magnetic Field for Surgical Applications（外科的処置アプリケーションのための磁界を特定（指定）する装置および方法）”の明細書中に開示されたものでは、6個の通常の（常）電導コイルまたは超電導コイルが長方形の箱またはヘルメットに配置されている。ここで、この出願全体を参照して組み込む。Z軸を頭部の軸成分の方向と指定すると、XおよびYのコイルの軸は頭部のサジタル面（矢状面、sagittal）から45°回転している。リアルタイム・ホストシステムに結合された2平面形X線透視カメラが設けられている。両方のカメラは6コイル形ホスト・ヘルメットのデザインに対して較正されており、互いに直交する軸上で3対の対向するコイルが設けられている。カメラ用のX線発生器も設けられている。

#### 【0006】

さらに別の共に譲渡された1998年2月2日付け出願の出願番号第09/0

20,934号、発明の名称“Method and Apparatus Using Shaped Field of Repositionable Magnet to Guide Implant (インプラントを案内するために位置の再設定可能なマグネットの成形された磁界を使用する方法および装置)”の明細書中には、複数の基点マークを有する可動マグネット・アセンブリを含む装置が開示されている。例示の実施例では、強いパーマネント・マグネットは、電流制御およびその大きさに関する欠点を補償するための付加的な関節（継ぎ目、アーティキュレーション）機構を必要とするが、マグネット・アセンブリは強いパーマネント・マグネットあるいは超電導電磁石のいずれかを支持するガントリー（gantry、作業塔）である。マグネット・アセンブリは、その磁界を案内されるべき磁気的対象物の所望の動きと整列させるのに要求される必要な方位、位置およびコイル電流を設定するように自動的に制御される。マグネット・アセンブリ上の基点マークを検出するためのローカライザ（指向性位置標識）およびカメラ状センサが設けられており、また別の基点マークが患者の身体上に置かれる。患者の体内にある関心の対象となっている領域（体積部分）に対するマグネットの位置、インプラント（移植組織片）の位置を表示するために医療用画像生成装置が使用される。また、マグネットを移動させるための各種の手段が設けられている。

#### 【0007】

これらの各装置および方法は、意図したアプリケーション（適用例）に対して十分な強度で全ての方向で磁界方位を与えることができるという点で或る程度の成功をおさめている。それにも拘わらず、特に設計されたシステムでさえも、磁気的案内システムの機能を十分に果たしつつ画像生成システムとの干渉を完全に避けることは依然として困難であった。上述のような多くのシステムでは、1あるいはそれ以上の大きなマグネットあるいはそれらの支持構造体の動きに制限を加える必要があるという点で、あるいはマグネット・システムに対する画像生成システムの動きおよび位置付けに制限が課せられるという点で、上記の困難性は明白である。さらに、上述の多くのシステムを含めて現在までに設計されたシステムは非常に大型でしかも高価であり、使用目的および適用が制限されている。

#### 【0008】

従って、医療の適用分野で使用するために任意の方位に十分な強度で磁界を生じることができる磁氣的に支援された外科的処置用の比較的安価なシステムを提供することが望ましい。また、システムが、マグネットの最少関節（継ぎ目、アーティキュレーション）機構を用いて容易且つ安全に変化させることができる空間中の所定の処置点（即ち、磁氣的医療装置の位置）を通過する磁力線を与えることができ、それによって処置領域における各種の排他的領域の影響を最少にすることができることが望ましい。

#### 【0009】

##### 【発明の概要】

本発明による患者の磁氣的に支援された外科的処置のためのシステムは、マグネット支持構造体と、患者支持構造体と、マグネット支持構造体に取り付けられた多重極マグネットとを含み、それによってマグネットは患者支持構造体によって支持された患者の体内の処置領域中で近距離場（near-field）磁界を与えることができる。マグネットは、患者の処置領域内における磁力線（磁界線）の方向を変化させるよう移動可能である。マグネットは好ましくは4重極マグネットであり、パーマネント・マグネット（永久磁石）でもよい。

#### 【0010】

マグネットがパーマネント4重極マグネットであれば、高度に安定した配列構造体となるように1対の基本的に（本質的に、実質的に）半円形のセグメントが互いに強く吸引し合うように結合された上記1対の基本的に（本質的に、実質的に）半円形のセグメントからなる円柱状であることが好ましい。この構成は、マグネット・ディスクの面の近傍の領域で、マグネット・ディスクの面に基本的に（本質的に、実質的に）平行でマグネットの軸に沿う磁界を与えることができる。このマグネットは、その軸上で回転することができ且つ/または1あるいはそれ以上の半径方向に平行移動可能であるように設置（マウント）されている。医療用画像生成装置も設けられており、患者の処置領域の医療用画像を生成するように構成されている。

#### 【0011】

本願の第2の特徴によれば、患者の磁氣的に支援された外科的処置のためのシ

ステムは、患者の体内に埋め込まれる（インプラントされる）ように構成された磁氣的医療装置と、患者の支持構造体と、マグネット支持基体と、該支持基体上に調整可能に支持され且つその上で位置設定可能なマグネット・アセンブリとを含み、患者の支持構体によって支持された患者の体内の磁氣的医療装置の位置において、指定された大きさおよび方向を有し且つ横方向（トランスバース）のグラジエント（勾配、傾斜）を有する磁界を生成する。マグネット・アセンブリは磁氣的作動子（エフェクタ）を有するコンピュータ制御型ロボットアームを含み、システムはさらに患者の体内の磁氣的医療装置およびマグネット・アセンブリの相対位置および方位を定めるように構成された医療用画像生成装置を含んでいる。マグネット・アセンブリ自体はパーマネント・マグネット、電磁石、または超電導電磁石からなるものでよい。

#### 【0012】

幾つかのアプリケーションでは、“引込み（pulling）”方向、すなわちグラジエント方向にほぼ垂直な方向を有することが重要である。幾つかの例では、グラジエントの方向と磁界方向との間の関係を制御可能に変化させることがさらに望ましい。これを効果的に行う1つの方法は4重極マグネットのような多重極マグネットを使用することである。このようなマグネットでは、単純な移動（平行移動）で磁界方向を90°変化させることができ、一方グラジエントの方向は変化しない状態に止まっているから、磁界方向とグラジエントの方向との関係は変化する。これを有効に行う他の方法は簡単な1個のマグネットを使用し、側部磁界を利用するためにそれを回転させる方法である。簡単なマグネットは多重極マグネットに比してより安価で所定重量に対してより強固であるが、単純なマグネットに必要となる回転は、関節（継ぎ目）を、画像生成装置および外科的処置用磁界中にある他の医療用装置により干渉し（をより妨害し）やすくする可能性がある。

#### 【0013】

従って、本発明の装置および方法は、近傍の患者の処置領域内にある磁氣的医療装置に任意所望の角度で案内用磁界を与えることができ、同時に磁界の方位に対して実質的に横切る方向に引込み（pulling）グラジエントを与えることがで

きる。

【0014】

本発明の装置および方法は、また、透磁性すなわち磁氣的に透過性のチップを有するカテーテルまたは内視鏡のような磁氣的医療装置を磁界に垂直な方向に導くことによって患者に外科的処置を施す方法および装置を提供することができる。従って、磁界強度が高くないあるいは弱くても磁氣的医療装置の軸は容易に方向付けられる。

【0015】

本発明の装置および方法は、マグネット医療装置を安定に且つ信頼性をもって移動させるために方位付け磁界および横切る方向のグラジエントを与える磁氣的に支援された外科的処置用の外部マグネット・システムを提供することができる。

【0016】

本発明の装置および方法は、また磁氣的医療装置上の磁氣力の方向および強度を外科医によって容易に制御することができる、磁氣的医療装置を使用した磁氣的に支援された外科的処置用の外部マグネット・システムを提供することができる。

【0017】

最後に、本発明の装置および方法は、選択された方向の磁界とその中の強度を与えるマグネット・システムの能力に関して、排他的領域の制限効果を最少にする磁氣的に支援された外科的処置用のマグネット・システムを提供することができる。

【0018】

当業者は、添付の図面ならびに以下の説明を熟読することにより本発明の上述の特徴および他の特徴を実現する態様を十分に理解することができよう。

【0019】

図面は例示のためのものであるが、一定の縮尺率（スケール）で描かれたものと考えべきではない。幾つかの図面にわたって、同じ参照番号は対応する部品（パーツ）を表している。

## 【0020】

## 【発明の実施形態の詳細な説明】

図1は、磁氣的に支援（アシスト、assist）された外科的処置（外科、手術）用のシステム10の図である。そのシステムは、一般的に、マグネット（磁石）アセンブリ（組立体、組立品）11Aと患者支持体（サポート）11Bの2つのセクション（部分）を含んでいる。マグネット・アセンブリ11Aは、患者支持体11Bの処置（作用）支持領域の近傍に配置されまたは持って来られるマグネット12を含んでいる。

## 【0021】

マグネット・アセンブリ11Aは好ましくは2つより多い極を有するマグネット12を含んでおり、そのマグネット12は、円柱の直径と一致するシーム（継ぎ目）15において磁氣的に接合（結合）された2つの半円柱状（semi-cylindrical）セグメント14および16を有するディスク（円板）または円柱の形の4重極（quadrupole）マグネットであることが好ましい。半部（half）セグメント14および16の各々は、ディスクの形に組み立てたときにその2つのセグメントが大きな力で互いに引き合っただけで非常に安定した機械的（力学的）システムを形成するように、相異なる方向に磁化されている。4重極マグネットの他の形態でも同様の結果を得ることができるが、図1に示され後でより詳しく説明するマグネット12の形態によって、顕著な単純性および効率を得られる。4重極マグネットが好ましいと思われるが、本発明の範囲内で、4極より多い数の極を有するマグネットまたはマグネット・アセンブリを、マグネット12と置き換えることもできる。

## 【0022】

図2は、本発明に従って、マグネット・シリンダ12の半部セグメントがどのように磁化されて利点（効果）を生じるのかを示している。円柱12の軸をZ軸とし、一方、半部セグメント14および16を接合（結合）するシーム70は任意にY方向を規定する。X方向は、Y方向およびZ軸に垂直とする。シーム（15）70の一方の側（側部）において、マグネット・ディスク12の半部セグメント14は-Z方向に磁化されており、マグネット12の半部セグメント16は

+ Z方向に磁化されている。上述のように、シーム(15)70に沿って2つの半部セグメント14および16を共に保持するかなり大きい磁力が存在して、マグネット・ディスク12を非常に安定的構造にする。

#### 【0023】

また、図2はマグネット12の磁力線(磁界線)72、74の中の数本を示しており、その構成はそのシステムの特別な機能を実現する。4重極の距離に対する磁界強度は、2重極(ダイポール、双極子)の場合に比べて、距離とともに1乗だけ(距離の1乗だけ)より大きく低下することが知られている。従って、大きな磁界が頻繁に必要とされる外科的アプリケーション(適用、応用)において、4重極マグネットは2重極マグネットより有用性が低いであろうと思われるかもしれない。しかし、医学的および外科的アプリケーションについて、ここで説明するシステムは、4重極マグネット12の近距離および遷移磁界における磁力線を驚くほどうまく利用する。

#### 【0024】

外科的アプリケーションのための有効な磁界を形成するために、4重極マグネット12は、半径12.39インチ、厚さ6.20インチの、44 MgOe(エルステッド)の最大エネルギーのNdFeBマグネットからなることが好ましい。この場合、4重極マグネット12は、重量約800ポンドで、永久磁化されていて、Z軸に沿ってその面92から6インチ離れた位置で約0.15テスラ(T)の磁界強度を達成する。図3Aは、そのマグネットの3つの軸に沿って円柱状4重極マグネット12について計算されたテスラ(T)を単位とする磁界強度のグラフである。線80は、Z軸に沿った強度を示し、線82および84は、それぞれX軸およびY軸に沿ったそれぞれの強度を示している。図3Bには、マグネット12を-X方向に見たときの等磁界強度の等高線(contour、輪郭)86が示されている。一方、図3Cには、マグネット12を+Y方向に見たときの等磁界強度の等高線88が示されている。

#### 【0025】

図3Cにおける多数の小さい矢印90は、点のグリッド(点格子、a grid of points)上の磁界方向を表している。Y-Z面(シーム70の平面)を横切る(

クロスする、通る)磁力(磁界)線方向の構成は、図2に見られるように、マグネットの面92と平行である。従って、Z軸の周りにマグネット12を回転(回動)させると、同じ強度を維持しつつ、Z軸上の任意の点における磁界方向が変化する。従って、4重極マグネット12の平行移動を伴うことなく、Z軸に沿ったその磁界方向を360°またはその一部だけ回転させることが可能である。一方、4重極マグネット12をX軸に沿ってその半径の半分より僅かに多く平行移動(translate)させると、その磁界は-Z軸方向に沿って方向付けられるようにターンまたは変化する。-X軸に沿って同じ平行移動を行うと、その磁界は+Z軸方向に方向付けられるようにターンまたは変化する。従って、医学的および外科的なアプリケーションのための身体の処置領域(operating region)における磁界方向の完全な制御が、4重極マグネット12のせいぜい2つ(2回)の平行移動および1つ(1回)の回転、または2つの回転および1つの平行移動によって実現できることは、明らかである。身体のような処置領域には、磁氣的に支援された脳外科的処置に関する人の頭部が含まれ得る。図面には示されていないが、或る幾つかのアプリケーションにおいてマグネット12をさらにそのZ軸が傾斜されるように取り付けてもよい。使用中、患者の処置領域はマグネット12の近距離磁界(near field)中にある。

#### 【0026】

コストおよびナビゲーション効率は、サイズおよび重量によって部分的に決まるので、図4は、その面から6インチの距離におけるマグネット12の計算された磁界に対するマグネット12の計算された重量の関係を示すプロットを示している。そのプロットは、異なる3つのアスペクト比(即ち、厚さに対する半径の比(半径:厚さ))について計算されている。線Pはアスペクト比1.0についてのものであり、線Qはアスペクト比2.0についてのものであり、線Rはアスペクト比4.0についてのものである。

#### 【0027】

図1を再び参照すると、マグネット12はトラック26上に回転可能な形で取り付けられることが好ましい。その取付によって、マグネット12の独立した2つの動きを得ることができ、その1つは、矢印Aによって示された磁気ディスク

12の軸の周りの回転であり、その他方は、矢印Bによって示されたトラック26に沿った平行移動である。トラック26そのものも、矢印Cによって示された軸の周りに回転可能であることが好ましい。この追加的な回転は、マグネット・アセンブリ11Aの支持基台(サポート・ベース)22上に回転可能な形で取り付けられたシャフト(軸)24上にトラック26を取り付けることによって、形成される。シャフト24は、その軸に沿ってスライド(滑動)可能で、それによって、マグネット12が近接位置から患者の処置領域に引き出される別の方向の動きが形成される。その動きは、図1において矢印Gによって示されている。

#### 【0028】

従って、図1におけるマグネット・アセンブリ11Aの実施形態によって、患者の処置領域の近傍にあるまたは近傍に持って来られ得る4重極マグネット12が実現される。4重極マグネット12は、処置領域において相異なる磁界の方位(方向)を形成するよう複数の回転的および平行移動的動きを受けてもよい。図1の実施形態において、3次元の平行移動(処置領域からの引出しを含む)が実現される。他の実施形態において、処置領域に対して、マグネットの軸を機械的に傾斜させることも可能である。幾つかの処置の状況において傾斜は望ましいかもしれないが、本発明を実施する上で必須ではない。

#### 【0029】

マグネット・アセンブリ11Aは、マグネット12の回転および平行移動を行うロボットの支持マニピュレータ(操作器)を含んでいてもよく、また、オプション(任意選択)としてマグネット12のZ軸を傾斜させてもよい。マグネット12の重量およびその他の理由にもよって、ロボットの制御はマグネット12を完全に手動で(マニュアルで)動かすことよりも好ましい。但し、手動制御は、可能であり、かつ本発明の範囲内のものと考えられる。そのロボットのマニピュレータに要求される動きは、ここで説明するマグネット12の動きを可能にするのに必要な動きである。ロボットのマニピュレータはこの分野で周知であり、マグネット12の必要な動きを形成するためのサーボ機構の設計は、この分野の専門家には特別困難なものではないであろう。そのようなサーボ機構は、患者の処置領域のリアルタイムの医療用(医学的)画像を見ながら外科医が手動制御でき

るものでもよく、またはそのような画像を解釈（翻訳）するコンピュータによって自動制御することもできるであろう。手動制御された場合は、コンピュータは、患者の処置領域の医療用画像に重畳または隣接して他の有用な情報と共に患者における磁氣的（磁性）デリバリ・ビヒクルまたは磁氣的供給輸送手段（MDV、magnetic delivery vehicle）または磁氣的シード（seed）を示してその患者の処置領域の医療用画像を表示することによって、支援を行う。この他の情報には、MDVまたは磁氣的シードの所望のパス（経路）およびマグネット12の磁力線またはグラジエント（勾配）を含めることができるであろう。

#### 【0030】

図1は、1998年12月14日に出願された共に係属中の出願第09/211,723号に記載されているものと基本的に同じ患者支持体を示している。ここで、この出願を参照により組み込む。患者支持体11Bは、基台支持体19によって都合の良い処置レベルに支持されたベッド18を含んでいる。ベッド18は、マグネット12の近傍にあるまたは持って来られる領域20を含んでいる。（マグネット12は動かせると考えられるが、マグネット12に対する患者の処置領域の動きは、或る状況において、代替的に、患者を支持するベッド18を動かすことによって実現されてもよい。）また、ベース（基）フレーム32、弧状支持体34および弧状セクション28を含むイメージング（画像生成、結像、撮像）アセンブリ11Cが取り付けられた回転ピボット（支軸）または旋回（swiveling）支持体30が設けられている。イメージング・アセンブリ11Cの一部は、例えばニューヨーク州、シラカース（syracuse）のジェネラル・エレクトリック社によって製造されたもののような任意の適当な市販されているCアーム・アセンブリを含んでいてもよいが、その“弧状の”セクションは弧の形状である必要はない。しかし、市販されているCアーム・アセンブリは通常その形状なので、この用語を用いるのが便利である。支持体30は、ここに示されているようにフロア（床）上に取り付けたりまたは独立して（free standing）設けられる必要はない。他の設置法として、支持体30を、患者支持体11Bの基台支持体19の延長上に取り付けたり、またはマグネット・アセンブリ11Aの支持体基台22の延長上に取り付けることも可能である。マグネット12が再配置される

ときに後で説明するその取り付けられたイメージング装置を妨害するようなイメージング・アセンブリ 11Cの動きが要求されない形態の取り付けの仕方が好ましい。

#### 【0031】

弧状セクション 28は、ベッド 18の領域 20において支持される患者の処置領域の医療用画像を供給するのに用いられる 1つ以上の（1つまたはそれより多い）X線または透視（蛍光鏡）管（チューブ）46Aおよび46Bを支持する。従って、管 46Aおよび46Bの各々は、その領域を通して対応するイメージング（結像）プレート 44Aおよび44Bにそのビームの照準を合わせる。イメージング・プレート 44Aおよび44Bは、別個の支持アームであるイメージング・プレート支持体 42Aおよび42Bによって、所定の位置に保持されることが好ましい。そのプレートの位置は、弧状支持体 28のパイ（パイケーキ）形状の部分 36の表面 38Aおよび38Bの上を（例えば図1に示されていないトラック上で）スライドするように構成された移動ブロック 40Aおよび40Bによってそれぞれ幾分調整されるようにしもよい。

#### 【0032】

Cアームおよびイメージング・アセンブリ 11Cのピボットおよび移動（movement）機構の幾つかは、図1には示されていないが、出願番号第09/211,723号に示され記載されている。簡単に説明すると、弧状セクション 28は、旋回支持体 30におけるピボット動作によって（矢印Dによって示されている）、別のピボットの周りを部分的に回転することによって（矢印Fによって示されている、30におけるピボット軸に好ましくは垂直な軸に沿って）、および矢印Eによって示されているように、全体的に弧状のセクション 28の中心点の周りの部分的回転（回動）によって、患者の処置領域の種々の表示（画像）を供給するように構成されている。弧状セクション 28の各動きは、画像生成管（イメージング・チューブ）46Aおよび46Bおよびそのそれぞれのイメージング・プレートを、そのCアームの動きに動作上結合されていない患者の処置領域に対して対応する形で動かす。このようにして、処置領域の種々の表示（画像）が利用可能になる。マグネット・アセンブリ 11Aと患者支持体 11Bの双方の動きの

幾つかは、図5でも見られる。図5は、患者60の処置領域62が、本発明の装置の各部分に関連して配置されているであろうことを示している。画像生成（イメージング）装置によって供給された表示（画像）が、マグネット・アセンブリ11Aと、患者60における薬剤送給装置と、患者の処置領域62との各相対的位置を提供できる（相互間の様々な相対的位置関係にある表示である）ことが分かるであろう。

#### 【0033】

弧状セクション28およびそれに取り付けられた物体（オブジェクト）を動かすと、物理的排他的体積（他の存在を排除する3次元領域）が形成される。それ（体積）は、動くコンポーネント（構成要素）によって占められまたは占められ得る空間の領域が存在し、従って、それはマグネット12またはマグネット・アセンブリ11Aの動きが避けなければならない空間の領域である。物理的排他的体積を考慮しないと、システムの各コンポーネント間に物理的妨害（干渉）が生じる。また、磁気的および物理的な排他領域を考慮することも有用かもしれない。磁気的排他領域とは、マグネット12の動きを考慮して、磁気的物体または磁界によって悪影響を受け得る物体が排除されるべき領域である。従って、マグネット12の高い磁界強度の領域内に或る幾つかのタイプのイメージング・プレート44Aおよび44Bを配置するのを避けることが望ましいかもしれない。しかし、4重極マグネット12のサイズが相対的に小さく、限定された回転的および平行移動的動きだけ要求されるので、その物理的および磁気的な排他ゾーン（区域）は利点として非常に小さい。さらに、マグネット12は4重極マグネットなので、磁気的排他ゾーンはそうでない場合より小さい。その理由は、その磁界は、一般的に、そのようなマグネットについて、前に用いられた2重極マグネットおよびソレノイドを用いる場合よりも、距離とともにより急速に低下するからである。（同様の利点は、4極より多い極を有するマグネットを用いても得られる。）

#### 【0034】

ここで説明する本発明のシステムは、磁気的に支援された外科的処置（手術）において使用されることを意図したものである。例えば、それは、脳内の動脈瘤

(aneurysm) 中に磁氣的にナビゲート(誘導)されるカテーテルまたはガイド・ワイヤの端部における小さいマグネットをガイド(案内)するのに用いてもよい。図6に示された磁氣的医療用装置102を、本発明に従って、患者60の処置領域62中に導入してもよい。磁氣的医療用装置102は、一連の透磁性リング104を含んでいてもよい。これらのリングは、例えばカテーテルまたは内視鏡(endoscope)のような僅かに柔軟な(可撓性の)ロッド(棒)106の上に取り付けられていてもよい。そのリングの個々のモーメントはマグネット12の磁界の方向に沿って誘導(induce)され、この方位(方向)は磁界のグラジエントによって変えられない。その代わりに、磁界のグラジエントおよび方向を補足的な方法で用いて、外部マグネット12からの適度のまたは弱い磁界の印加を用いても、磁氣的医療用装置の軸108が容易に方向付けられるようにしてもよい。同時に、横方向のグラジエントは、そのシステムのモーメントに横方向の力TFを作用させる。

#### 【0035】

ここで図示し説明するマグネット・アセンブリ11Aと患者支持体11Bは物理的に別個のアセンブリであるが、これが本発明の必須構成(要求)でないことは明らかである。また、患者支持体11Bがここで示された形態である必要はない。患者の処置領域を保持しまたは支持するのに適した任意の支持構造を用いてもよく、場合によってはそれは緊急事態(急患)におけるフロアを含んでいて、マグネット・アセンブリ11Aとイメージング・アセンブリ11Cの一方または双方を適当に変形してマグネットが適正に配置され処置領域が適正に画像生成(イメージング)されるようにしてもよい。請求の範囲において、マグネット支持構造体と患者支持構造体は物理的に別個のアセンブリである必要はなく、明確に別に断らない限り、マグネット支持構造体と患者支持構造体は単一の構造体の相異なる部分を構成してもよい。

#### 【0036】

代替実施形態において、フロアに取り付けられまたはフロアによって支持される図1に示されているような支持構造体に取り付けるのではなくて、天井に取り付けられる柔軟な(可撓性の)または関節式(関節型)のアームにマグネットを

取り付けでもよい。アセンブリを天井に取り付けることによって、患者のフロア領域における混雑（密集）が回避されるであろう。さらに、柔軟なまたは関節式のアームは、マグネット・アセンブリの位置および角度の容易な手動によるまたは調整を可能にするように設計されてもよい。代替構成として、天井によって支持されたアセンブリはロボットの的に制御できるであろう。

#### 【0037】

別の代替実施形態において、横方向の大きさおよびグラジエントの磁界は、パーマネント・マグネットではなくて電磁石（エレクトロマグネット）によって発生されてもよい。標準的対称性を有する（即ち、コイル軸を中心として対称、および、コイルの中心の赤道面について対称）コイル・システムの一般的特性は、赤道面におけるまたはその近傍の領域において、コイルの内側と外側の双方において、コイル軸に平行な磁界が存在し、一方、同時に磁界の横方向のグラジエントはその軸に垂直である。例えば、平面における1巻回の円形巻線は、そのような磁界とグラジエントの関係を有する。しかし、そのようなコイルについて、その関係が生じるコイルの内側および外側の領域は狭すぎて役に立たない。そのようなコイルを用いて磁氣的医療用装置を用いた外科的処置の手順を磁氣的に支援する試みは、オペレータの不正確さによるエラー（誤り）を生じやすい。

#### 【0038】

長いソレノイド・コイル（常電導または超電導巻回のいずれかを用いたもの）の周りの評価可能な領域は、その磁界とグラジエントの関係が基本的に（本質的に）横方向（トラバース、transverse）である。しかし、その磁界およびグラジエントは、コイルの所与の数のアンペア・ターンに対して相対的に弱い。しかし、この発明に従って横方向の磁界とグラジエントの関係を形成することの利点を認識すると、この分野の専門家は、本発明と共に用いられるコイルの設計を最適化することができるであろう。そのようなコイルは、所望の外科的アプリケーションにおいて用いられるコイルからの適正な距離において、その必要な関係が存在するような充分大きい領域を有するであろう。また、様々な数学的ツールが必要になるかもしれないが、パーマネント・マグネットは同様の特性を有するように設計すればよい。詳しく説明した4重極マグネット12は、本発明による、特

に簡単で有利な1つのパーマネント・マグネット設計品である。

【0039】

上述の説明にもかかわらず、上述のパーマネント4重極マグネット12の利点の多くと幾つかの追加的利点とを実現するために、2つ以上の(2つまたはそれより多い)(好ましくは超電導)電磁石を構成することが可能である。そのような構成は、図7において等角的に(isometrically)(および幾分概略的に)表されている。図7を参照すると、4重極マグネット12'は、関節式アーム116の端部に取り付けられた1対の好ましくはD字形状(D型)のコイル112、114を含んでいる。コイル112、114の直線状のセクション(部分)は、図示されているように互いに接近させることが好ましい。関節式アーム116は、118、120、122、124によって典型例として示された多数の節(関節、ジョイント)を有する。その節は、患者支持体11B上に配置された患者の処置領域の周りに4重極マグネット12'を配置し回転させるのに十分な関節(articulation)を形成する。この目的に適した関節式アーム116は、1998年11月10日に出願し共に譲渡された出願番号第09/189,633号、発明の名称“Articulated Magnetic Guidance Systems and Devices and Methods for Using Same for Magnetically-Assisted Surgery(関節式磁氣的ガイダンス・システムおよび装置、および磁氣的に支援された外科的処置のためにそれを用いる方法)”において見出される。ここで、この出願全体を参照して組み込む。関節式アーム116の動きは、手動制御され、またはより好ましくは例えばコンピュータ制御サーボ・システム等によってロボットの的に制御される。そのコンピュータ制御サーボ・システムは、好ましくは、医療用イメージング(画像生成、撮像、結像)システムと、1つ以上のビジュアル・ディスプレイ・システムおよび入力システムとを用いて調整されて、4重極マグネット12'による影響を受ける磁氣的インプラントをガイド(誘導、案内)する外科医を支援する。そのシステムの多くは図7には示されていないが、例えば図1に示されそれに関連して説明したのと同様の少なくとも医療用イメージング・システムが通常存在して、外科的処置の間に用いられることは理解されよう。

【0040】

コイル112および114は図8Aに示されているように互いに反対に（逆向きに）巻かれ、またはその代わりに図8Bに示されたようなクロスオーバ（交差）を有する単一の連続的に巻かれた（連続的1巻回の）コイル122'を設けてもよい。そのコイル構成のいずれでも4重極マグネットとして動作して、横方向のグラジエントを発生し、即ち、磁界の方向に垂直な引き込み方向を有するグラジエントを発生する。電磁石の磁界およびグラジエントは、図1に示されたパーマネット・マグネット12のものと形状が類似している。超電導4重極電磁石に対するパーマネット・マグネット4重極の利点は、パーマネット・マグネットに冷却手段または寒剤（cryogen）を用いる必要がないことである。しかし、超電導コイルは、所与のサイズおよび重量に対してかなりより大きい強度を有し得る。図7におけるマグネット12'が超電導であったとすれば、低温システム（図示せず）を設けなければならないだろう。適当な低温システムの設計をこの分野の専門家によって行うことができるが、本発明の考慮の対象となる部分ではない。

#### 【0041】

超電導4重極電磁石から得られるより強い磁界を別にすれば、電磁石4重極マグネット12'の別の利点は、患者の処置領域において発生した磁界強度が、マグネット12'を再配置することによってだけでなく、そのコイル112'またはコイル112および114中の各電流を制御することによっても、制御できることである。それによって、マグネット12'の動きに対するニーズ（要求）、および場合によっては関節式アーム116の或るタイプの関節（articulation）に対するニーズ（要求）が、幾分減じられる。

#### 【0042】

関節式アーム116は図7に天井から吊されるように示されているが、マグネット12'を安定的に動かし配置するために設けられたその他の取付構成も適している。また、ここで図示され説明された4重極の例の代わりに、多重極磁界（即ち、2極より多い極の1つ）を発生しまたは模倣する（エミュレートする）のに有効な電磁石の他の構成を用いてもよいことに留意すべきである。例えば、8重極電磁石は、円形構成で組み立てられた90°のパイ形状のセクション（一切

れ)の形に巻かれた4つのコイルからコンパクトに形成できるであろう。しかし、特別な状況にない場合、4重極磁界は外科的アプリケーションに充分である(を満足させる)。(D字状セクションは180°のパイ形状セクションとして考えてもよいことに留意すべきである。)

#### 【0043】

図9~13には、磁氣的ナビゲーションにおいて有用なパーマネット・マグネットの代替構成が、概して500として示されている。マグネット500は、前面または正面(フロント・フェース)502と背面(バック・フェース)504とを有する。マグネット500は、マグネットの前面502から隔たった或る選択された作用点(動作点)506において或る選択された方向の磁界Fを形成するように特に組み立てられている。その作用点は、前面から少なくとも約6インチ(15.2cm)の位置であり、好ましくは約8インチ(20.3cm)の位置である。この距離は、作用点506における磁界Fの強度を最大化することと、患者の身体に影響を及ぼすまたは突き当たることなく、患者の身体内で医療用装置を磁氣的にナビゲートするようマグネット500を平行移動し回転するための十分な空間(room)を確保することとの間の適当なバランスを与える(取る)ことが分かった。

#### 【0044】

前面502は、好ましくは実質的に平坦で、マグネット500を、患者の近くに配置することを可能にし、患者に突き当たることなくまたは影響を及ぼすことなく平行移動および回転させることを可能にする。背面504は、概ね湾曲していて、一定の寄与(contribution、作用)の面と実質的に一致する(conform、合致する、整合する)ことが好ましい。一定の寄与の面とは、その面に沿って、最適な形で整列した磁気モーメントの磁界Fに対する寄与が等しい面である。背面504の実際の形状は、その一定寄与面の正確な形状から実質的に異ならなければよく(実質的にでなくまたは非実質的に変わってもよく)、それによってその面の製作がより容易になり、特に、後でより詳しく説明するマグネットのセグメント化された組み立て構造を作って組み立てるときにその面の製作がより容易になる。より詳しくは、マグネットは複数のセグメントで構成され、背面のセグ

メントは、湾曲した一定寄与等高線または面を近似する複数の平坦な面を（製造の簡単化のため）有していてもよい。その一定寄与面に従って背面504を成形する理由は、それが、作用点における磁界Fを最大化するための重量および体積の効率が最も高い方法だからである。一定寄与面の外側に材料を加えるよりも、一定寄与面の内側に材料を加える方が、重量および体積の観点から常により効率的である。

#### 【0045】

マグネット500は、一定の磁化方向の複数のセグメントに分割することが好ましい。理想的には、マグネット500は、作用点506におけるその磁界Fを最大化するような各点における局所的（局部的、ローカルな）磁化方向を有するであろう。しかし、そのような理想的な構成を実際に得ることは難しいであろう。その代わりに、マグネットは、均一な磁化の複数のセグメントに分割することが好ましい。本発明の複合マグネットの一実施形態によれば、マグネット500は複数のセグメントに分割され、適正な磁化方向は各セグメント毎に決定される。マグネット500の代替実施形態によれば、そのマグネットは、同じまたは同様の（類似した）磁化方向の複数のセグメントに分割される。

#### 【0046】

前者の場合、その磁化方向の決定は、例えば、セグメントの質量の中心（重心）の位置を決定し、作用点506における磁界Fを最大化するような質量の中心の位置における磁化を決定することによって、行える。代替構成として、平均方向は、セグメント内の各点における最大寄与の方向から決定することもでき、好ましくは、この平均は、磁界Fに対する各点における磁化方向の相対的寄与によって加重して決定してもよい。

#### 【0047】

後者の場合、種々のアルゴリズムを用いて、マグネットを一定のまたは近似的に一定の（即ち、所定の閾値より大きく変化しない）磁化方向のセグメントに分割することもできる。

#### 【0048】

図14には、マグネット内の磁化の方向の理想的な方位が示されている。図1

4において、作用点における所望の磁界Fは一連の一定磁界強度曲線Cによって囲まれるように示され、局所的磁界方向は矢印fで示されている。図15に示されているように、マグネット500は、マグネットの作用点506と前面502の間の所望の距離を選択することによって組み立てられている。図15に示されているように、マグネット500の所望の形状は、平坦な前面502（患者への影響を最小化しつつ平行移動および回転に対処するためのもの）と、湾曲した背面504とを有する。湾曲した背面504は、概して一定磁界強度の曲線と一致し、また所望の磁界Fに対する一定寄与の線（ライン）を表している。図16に示されているように、所望のマグネット形状は複数のセグメントに分割されている。製造上の都合上、そのセグメントは平坦な側部（側面）を有することが好ましく、その平坦側部はマグネットの背面を形成し一定寄与等高線を近似している。但し、各セグメントのサイズが大きくなるに従って増大する或る変動分（分散）が存在する。図17に示されているように、マグネット・セグメントに対して適当な均一な磁化方向が決定される。図18に示されているように、マグネットの垂直断面において、マグネットは垂直方向および水平方向に複数のセグメントに分割されている。

#### 【0049】

図に示されている好ましい実施形態において、マグネット500は、10個の垂直方向の列a～jに分割され、11個の水平方向の行a～kに分割され、合計110個のセグメントを有する。各セグメントは、その列と行によって識別でき、従って、好ましい実施形態の各セグメントは500a, a～500j, kとして規定できる。もちろん、マグネットはより少数のセグメントまたはより多数のセグメントに分割することもできる。より小さい従ってより多数のセグメントを用いた改善された特性と、セグメントを製造して組み立てるコストとの間には、コストのバランスが存在する。

#### 【0050】

そのセグメント500a, a～500j, kの各々における磁化の方向は、セグメントの質量の中心の位置における磁化の方向である。従って、例えば、セグメント500a, aの質量の中心が決定され、所望の磁界Fに対して最大の寄与

を与えるような質量の中心の位置についてその磁化方向が決定される。次いで、その方向がそのセグメント全体に適用される。もちろん、所望の磁界Fに対するセグメントの最大の寄与を実質的に近似する各セグメントの磁化方向を決定する或る他の方法もある。

#### 【0051】

概して、各セグメントは前面と、背面と、1つ以上の(1つまたはそれより多い)側部(側面)を含む側壁とを有する。そのセグメントの側部は、概して平面状で(それによってセグメントの製造およびその複合マグネットへの組み立てが容易になり)、その各側部は概して作用点506に向かって集中(収斂、集束)する。マグネットは、より小数またはより多数のセグメントに分割することもでき、セグメントは多層化されてもよく、各層の前面および背面の形状は一定寄与面に対応して、セグメントの各層の厚さが所望の磁界Fに対する寄与の範囲に対応するようにしてもよい。

#### 【0052】

マグネット500は、NdBF<sub>e</sub>5062で形成されたセグメント500a, a~500j, kの10個×11個のレイからなり、18インチ(45.7cm)×18インチ(45.7cm)の前面502と、前面から9インチ(22.9cm)離れた作用点を有し、合計511ポンドの重量を有するであろう。マグネット500は、前面502から9インチ離れた作用点506において0.1Tの磁界Fを発生できるであろう。それに対して、同じ材料の通常の円柱状パイポラ(双極)マグネットは、類似した(comparable)距離に類似した磁界を生成するために、直径24インチ、高さ16インチ、重量2100ポンドを有するであろう。従って、マグネット500は、通常のマグネットの場合より遙かに小さい体積および重量で、身体の内部における磁氣的ナビゲーションに使用可能な磁界を発生でき、そのより小さくより軽いマグネットは、磁氣的ナビゲーション手順の間に必要に応じて操作(平行移動および回転)するのがより容易である。

#### 【0053】

さらに、マグネット500は、磁氣的ナビゲーションに対してより望ましい磁界方向を与える。単純な横方向の平行移動によって、作用点における磁界の方向

が変化する。例えば、図19Aに示されているように、マグネット500は、マグネットの前面502に概ね平行な磁界Fを患者の内部の処置領域510に形成する。図19Aおよび19Dにおいて、マグネットの作用点506と患者の内部の処置領域510とは一致する。しかし、マグネット500を右に平行移動させることによって、患者内の処置領域における磁界方向は、図19Bに示されているように変化する。同様に、マグネット500を左に平行移動させることによって、患者内の処置領域における磁界方向は、図19Cに示されているように変化する。最後に、マグネット500を単純に回転させる（前面502と作用点506の間の線の周りに回転させる）ことによって、磁界の方向は図19Dに示されているように反転できる。

#### 【0054】

従って、マグネット500の平行移動と回転の組合せによって、任意の方位（方向）のナビゲート磁界を患者内の処置領域に形成して、患者の内部において磁氣的医療用装置を方向付ける（方位を決定する）ことができる。マグネット500を平行移動させ回転させるシステムは、ロボットの支持マニピュレータを含んでいてもよい。マグネット500の重量およびその他の理由にもよって、ロボットの制御はマグネット500を完全に手動で（マニュアルで）動かすことよりも好ましい。但し、手動制御は可能であり、かつ本発明の範囲内のものと考えられる。そのロボットのマニピュレータに要求される動きは、患者の内部の処置領域の内部で磁氣的医療用装置を方向付け（方位を決定し）たいと医師が思うかもしれない任意の方向に患者内の処置領域における磁界を方向付けるのに必要な回転および平行移動を可能にするのに必要である。

#### 【0055】

ロボットのマニピュレータはこの分野では周知であり、マグネット500の必要な動きを与えるサーボ機構の設計は、この分野の専門家にとって特別困難なものではないであろう。そのようなサーボ機構は、患者の処置領域のリアルタイムの医療用画像を見ながら外科医が手動制御できるものでもよく、またはそのような画像を解釈（翻訳）するコンピュータによって自動制御することもできるであろう。手動制御された場合は、コンピュータは、患者の処置領域の医療用画像に

重畳または隣接して他の有用な情報と共に患者における磁氣的（磁性）デリバリ・ビヒクルまたは磁性供給輸送手段（MDV）または磁氣的シードを示してその患者の処置領域の医療用画像を表示することによって、支援を行う。この他の情報には、MDVまたは磁氣的シードの所望のパスおよびマグネット500の磁力線またはグラジエントが含まれている。

#### 【0056】

図23および24には、マグネットを操作するための装置が概して600として示されている。図23および24に示されているように、装置600は、双頭の矢印T1によって示された第1の平行移動を行うような、患者に向かい患者から離れる動きを行うのために、トラック604上に取り付けられた支持体602を含んでいる。支持体602は、基台（ベース）610におけるトラック608にスライド可能な形で取り付けられた垂直の支柱（stanchion）606を含んでいる。トラック608における垂直の支柱の動きは、第1の平行移動T1に概して垂直な、双頭の矢印T2によって示された第2の平行移動を与える。ブラケット部材612は、双頭の矢印T3によって示された第3の平行移動を行う垂直方向の動きを行うのために垂直の支柱606上にスライド可能な形で取り付けられている。マグネット500はマグネット・アーム614にスライド可能な形で取り付けられ、そのマグネット・アームは、概ね水平の軸の周りに回転するようにブラケット部材612に対して回転（回動）可能な形で取り付けられる。それによって、双頭の矢印R4によって示された回転が行われる。マグネット500は、マグネット・アーム614に対してスライドでき、双頭の矢印T5によって概して示された第4の平行移動を与える。従って、支持体600は、5つの自由度、平行移動T1、T2、T3およびT5、および回転R4を与えて、患者に対してマグネット500を配置して、患者内の処置領域における磁界の方向および大きさを制御する。

#### 【0057】

図25および26において、装置600は、概して700として示されたより大きな磁氣的外科システムの一部であることが好ましい。システム700は、患者支持体702、イメージング・システム704、およびマグネット500を操

作するための装置600を含んでいる。患者支持体702は、基台支持体708によって都合の良い動作レベルに支持されたベッド706を含んでいる。ベッド706は、マグネット500の近傍にあるまたは持つて来ることができる領域710を含んでいる。(マグネット500は動かすことができると考えられるが、マグネット500に対して患者の処置領域を動かすことを、或る状況において、代替的に、患者を支持するベッド706を動かすことによって、行ってもよい。)

イメージング・システム704は回転ピボットまたは旋回支持体712を含んでいて、その支持体には、ベース・フレーム716、弧状支持体718および弧状セクション720を含むイメージング・アセンブリ714が取り付けられている。イメージング・アセンブリ714の一部は、例えばニューヨーク州、シラキューズ(syracuse)のジェネラル・エレクトリック社によって製造されたもののような任意の適当な市販されているCアーム・アセンブリを含んでいてもよいが、その“弧状の”セクションは弧の形状であることは必須ではない。しかし、市販されているCアーム・アセンブリは通常その形状なので、この用語を用いるのが便利である。支持体712は、ここに示されているようにフロア上に取り付けたりまたは独立して設けられる必要はない。他の設置法として、支持体712を、患者支持体702の基台支持体708の延長上に取り付けたり、または装置600の基台610の延長上に取り付けることも可能である。マグネット500が再配置されるときに後で説明するその取り付けられたイメージング装置を妨害するようなイメージング・アセンブリ704の動きが要求されない形態の取り付けの仕方が好ましい。

#### 【0058】

弧状セクション720は、ベッド706の領域710において支持される患者の処置領域の医療用画像を供給するのに用いられる1つ以上の(1つまたはそれより多い)X線または透視管を支持する。従って、その管の各々は、その領域を通して対応するイメージング・プレートにそのビームの照準を合わせる。イメージング・プレートは、別個の支持アームであるイメージング・プレート支持体によって、所定の位置に保持される。そのプレートの位置は、弧状支持体720のパイ形状の部分の表面の上を(例えばトラック上で)スライドするように構成さ

れた移動ブロックによってそれぞれ幾分調整されるようにしてもよい。

#### 【0059】

Cアームおよびイメージング・アセンブリ704のピボットおよび移動機構の幾つかは、図1に示されていないが、米国出願番号第09/211,723号に示され記載されている。ここで、この出願を参照して組み込む。簡単に説明すると、弧状セクション720は、回転支持体712におけるピボット動作によって、別のピボット（即ち、アーム716に対する弧状支持体718のピボット）の周りを部分的に回転することによって、および中心点の周りに全体的に弧状のセクション720の部分的回転（弧状支持体718に対する）によって、患者の処置領域の種々の表示（画像）を供給するように構成されている。弧状セクション720の各動きも、画像生成管およびそのそれぞれのイメージング・プレートに、そのCアームの動きに動作上結合されていない患者の処置領域に対して対応する形で動かす。このようにして、処置領域の種々の表示（画像）が利用可能になる。

#### 【0060】

弧状セクション720およびそれに取り付けられた物体を動かすと、物理的排他的体積が形成される。それは、動くコンポーネントによって占められまたは占められ得る空間の領域が存在し、従って、それはマグネット500または装置600の動きが避けなければならない空間の領域である。物理的排他的体積を考慮しないと、システムの各コンポーネント間に物理的妨害（干渉）が生じる。また、磁気的および物理的な排他領域を考慮することも有用かもしれない。磁気的排他領域は、マグネット500の動きを考慮して、磁気的物体または磁界によって悪影響を受け得る物体が排除されるべき領域である。従って、マグネット500の高い磁界強度の領域内に或る幾つかのタイプのイメージング・プレートを配置するのを避けることが望ましいかもしれない。しかし、マグネット500のサイズがコンパクトでその磁界が集束され、限定された回転的および平行移動的動きだけ要求されるので、その物理的および磁気的な排他ゾーンは利点として非常に小さい。さらに、マグネット500の構成のために、磁気的排他ゾーンはそうでない場合より小さい。その理由は、その磁界は、一般的に、そのようなマグネッ

トについて、前に用いられた単純な2重極マグネットおよびソレノイドを用いる場合よりも、距離とともにより急速に低下するからである。

#### 【0061】

ここで説明する本発明のシステムは、磁氣的に支援された外科的処置（手術）において使用されることを意図したものである。例えば、脳内の動脈瘤（aneurysm）中に磁氣的にナビゲートされるカテーテルまたはガイド・ワイヤの端部における小さいマグネットをガイドするのに用いてもよい。磁氣的医療装置102を、本発明に従って、患者の処置領域中に導入してもよい。マグネット500は、磁氣的医療用装置上でマグネットを選択的に方向付け、従って磁氣的医療用装置そのものを方向付けるよう装置600を用いて操作できる。次いで、その医療用装置は、所望の方向に機械的に動かすことができる（手動的にまたはロボットの押し込みまたは引っ張ることのいずれかによる）。

#### 【0062】

ここで図示し説明する装置600と患者支持体702は物理的に別個のアセンブリであるが、これが本発明の必須構成でないことは明らかである。また、患者支持体702がここで示された形態である必要はない。患者の処置領域を保持しまたは支持するのに適した任意の支持構造を用いてもよく、場合によってはそれは緊急事態（急患）におけるフロアを含んでいて、装置600とイメージング・アセンブリ704の一方または双方を適当に変形してマグネット500が適正に配置され処置領域が適正に画像生成（イメージング）されるようにしてもよい。請求の範囲において、マグネット支持構造体と患者支持構造体は物理的に別個のアセンブリである必要はなく、明確に別に断らない限り、マグネット支持構造体と患者支持構造体は単一の構造体の相異なる部分を構成してもよい。

#### 【0063】

代替実施形態において、フロアに取り付けられまたはフロアによって支持された支持構造体に取り付けるのではなくて、天井に取り付けられる柔軟な（可撓性の）または関節式のアームにマグネットを取り付けてもよい。アセンブリを天井に取り付けることによって、患者のフロア領域における混雑が回避されるであろう。さらに、柔軟なまたは関節式のアームは、マグネット・アセンブリの位置お

よび角度の容易な手動によるまたは調整を可能にするよう設計されてもよい。代替構成として、天井に支持されたアセンブリはロボットの制御できるであろう。

#### 【0064】

##### 動作

類似した (comparable) サイズのその他のマグネットのより強力な磁界を形成することに加えて、マグネット500は、相対的により単純な方法で磁氣的ナビゲーションに使用できる。患者の身体の内部の磁氣的医療用装置の任意のタイプのターン (方向転換) は、コーニングせずに (円錐形にならずに)、1つ (回) の回転と2つ (回) の平行移動を用いてスムーズに連続的に行われる。即ち、マグネット500は、安全で効率的なターンを行うことができ、即ち、磁氣的医療用装置の方向を表すベクトルが初期のおよび最後のベクトルによって表される平面内でターンするものである。十分な注意を払わないと、磁氣的ナビゲーション・システムを用いて、周囲の組織に損傷を与え得る円錐形の或るセクション (断面) を概して表すようにその方向が有意な平面から偏移する (ずれる) ターンが行われることがある。

#### 【0065】

患者の処置領域におけるターンの前と後の所望の磁界の方向の位置を表す任意の1対のベクトルは平面内にある。マグネット500は、その中心平面 (mid-plane) (マグネットの中心を通る水平面) がそのターンの平面と一致するように回転させる必要がある。作用点 (ターン点) がマグネットの中心軸上にはない場合には、マグネット500も、マグネット中心軸を傾斜させずに、唯一の平面がターン平面と平行でかつ作用点を含むように、平行移動させなければならない。

#### 【0066】

図20は、矢筒状図 (quiver diagram) としての磁力線の詳細で正確なプロットと、一定磁界強度の等高線とを示している。マグネットの単純化された図を示す図22を参照して、3つの代表的タイプのターンを説明する。磁氣的医療用装置がマグネット500の磁界における点P1に位置するものとする。水平面において90°の時計回りの (右回り) のターンを行うために、マグネットの磁界に

おける磁氣的医療用装置の位置を点P 1から点P 2に移動させるように、マグネットを左に動かすことによってそれが実現される。従って、マグネット500を1回だけ平行移動させるだけで、そのターンが充分行われる。磁氣的医療用装置がマグネット500の磁界における点R 4に位置するものとする。水平面において180°のターンを行うために、マグネットの磁界における磁氣的医療用装置の位置を線Aに沿ってR 4からR 4 ( R 3 ) に移動させるように、マグネットを右に動かすことによってそれが実現される。従って、マグネット500を1回だけ平行移動させるだけで、そのターンが充分行われる。磁氣的医療用装置がマグネット500の磁界における点S 3に位置するものとする。水平面において180°のターンを行うために、マグネットを純粹に左に平行移動させると作用点がマグネットのフレームにおいて右に、R 4に移動し、そこで90°時計回りにターンされる。次いで、マグネット500は、その点R 4を通る軸の周りに、マグネットの主軸に平行に、マグネットを傾斜させることなくまたは患者において磁氣的医療用装置を“コーニング(円錐状に)”することなく、回転できる。マグネットはその軸の周りに180°回転される。患者の上の観察者の視点から見ると、全ての磁界方向は反転され、次いで、前の平行移動は反転され、マグネットをR 4からS 3に移動させるが、その方向は反転している。

#### 【0067】

マグネット500の中心平面における方向の任意の変化は、マグネット中心軸からの距離に関連する小さい(マイナー)磁界強度変化が無視できる限り、2つの平行移動および1つの回転によって実現できる。図20に示されているように、一定磁界等高線は広く、図22の変化はナビゲーションの手順を示すためにかなり誇張されている。しかし、磁界の強度を考慮(説明)する必要がある場合は、それを行うことができる。図22に示されているように、1つの磁力線だけ、線B 3がマグネット面からその面に垂直に出て、その面に垂直にその面に戻る。しかし、各平面、例えばA、BおよびCは、磁力線がその平面に垂直であるようなその長さに沿った2つの位置を有する。図22は、点R 4、R 5およびR 6が、磁界点がマグネット500に向かうような点であり、点R 1、R 2およびR 3が、その磁界点がマグネットから離れているような点であることを示している。

これらの点は、作用位置がマグネット面から離れて移動するに従って、マグネットの中心軸から離れて外向きに曲がる軌跡線を形成する。マグネット中心軸から外向きに移動するにつれて磁界強度が小さくなり過ぎる場合には、マグネットを患者に向かって平行移動することができ、磁界ベクトルのターン（方向転換）に対して調整を行うことができる（それはコンピュータによって容易に決定できる）。これは複雑な要素であるが、大部分のアプリケーションにおいては必要ないかもしれない。

#### 【0068】

ここで開示した発明的概念の一部を組み込んだ実施形態は可能であり、それによって本発明の利点の幾つかが得られるがその全て得られるわけではなく、またはそれは本発明の目的の1つ以上を満たすがその全てを満たすわけではない。さらに、ここで開示した本発明の実施形態の多数の変形はこの分野の専門家にとって明らかである。従って、本発明の範囲は、適用可能な法律の下で決定される均等手段の全範囲を含めて、請求の範囲によって規定されるものとして判断すべきである。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

図1は本発明による磁氣的に支援された外科的処置用システムの一実施形態の斜視図である。

##### 【図2】

図2は、図1のマグネット・アセンブリの斜視図である。

##### 【図3A】

図3Aは、円柱状4重極マグネットの軸に沿う磁界強度と距離の関係を示すグラフである。

##### 【図3B】

図3Bは、図2のマグネットを - X 方向から見たときの等しい磁界強度の等高線を示すグラフである。

##### 【図3C】

図3Cは、図2のマグネットを + Y 方向から見たときの等しい磁界強度の等高

線を示すグラフである。

【図4】

図4は、図2のマグネットの計算された重量とその面から約15.24cm(6インチ)の位置における計算された磁界との関係を示すグラフである。

【図5】

図5は、患者の処置領域に対するマグネット・アセンブリと患者支持構造体の双方の幾つかの動きを示す図1に示す装置の側面図である。

【図6】

図6は、患者の体内に導入され、本発明の磁気的外科的処置システムと協働して使用される磁気的医療装置の実例を示す図である。

【図7】

図7は、4重極電磁石を使用した磁気的に支援された外科的処置用システムの実施形態の等角概略図である。

【図8】

図8Aは、図7に示すシステムのマグネットとして使用するのに適した形式の1対の対称に巻回されたコイルの説明図である。図8Bは、図7に示すシステムのマグネットとして使用するのに適した形式のクロスオーバ(交叉)を有する単一の連続的に巻回されたコイルの説明図である。

【図9】

図9は、本発明の原理に従って構成され、本発明の原理に従って磁気的にナビゲートするのに適合した複合マグネットの斜視図である。

【図10】

図10は複合マグネットの頂部平面図である。

【図11】

図11は複合マグネットの正面立面図である。

【図12】

図12は複合マグネットの側面図である。

【図13】

図13は、図11の13-13線で表される面に沿って切断した複合マグネッ

トの水平横断面図である。

【図14】

図14は、作用点における所望の磁界Fおよび一定磁界寄与の周囲等高線を示し、矢印は最適のモーメント方向を示す図である。

【図15】

図15は、所望の磁界Fを得るためにマグネットの水平横断面における理想的な形状と局所的磁化方向を示す図である。

【図16】

図16は、複数のセグメントに分割後の所望の磁界Fを得るための水平横断面におけるマグネットの理想的な形状と局所的磁化方向を示す図である。

【図17】

図17は、水平横断面における複数のセグメントに分割した後のマグネットを、理想的な局所的磁化方向に近似する選択された一様な磁化と共に示す図である。

【図18】

図18は、図17の18-18線で表される面に沿って切断したマグネットの垂直断面のマグネットを示す図である。

【図19A】

図19Aは、患者の体内の処置領域においてマグネットによって生成された磁界を示すマグネットの頂部平面図である。

【図19B】

図19Bは、第1の方向に平行移動した後の、患者の体内の処置領域においてマグネットによって生成された磁界を示すマグネットの頂部平面図である。

【図19C】

図19Cは、第2の方向に平行移動した後の、患者の体内の処置領域においてマグネットによって生成された磁界を示すマグネットの頂部平面図である。

【図19D】

図19Dは、回転後の、患者の体内の処置領域においてマグネットによって生成された磁界を示すマグネットの頂部平面図である。

**【図20】**

図20は磁力線を示すマグネットの水平横断面図である。

**【図21】**

図21は磁界強度とマグネットからの距離との関係をプロットした図である。

**【図22】**

図22は、患者の体内で磁氣的医療装置を回転させるための磁界の使用を示す、患者に対するマグネットの位置関係を表す図である。

**【図23】**

図23はパーマネント・マグネットに対する支持構体の前部の斜視図である。

**【図24】**

図24はパーマネント・マグネットに対する支持構体の後部の斜視図である。

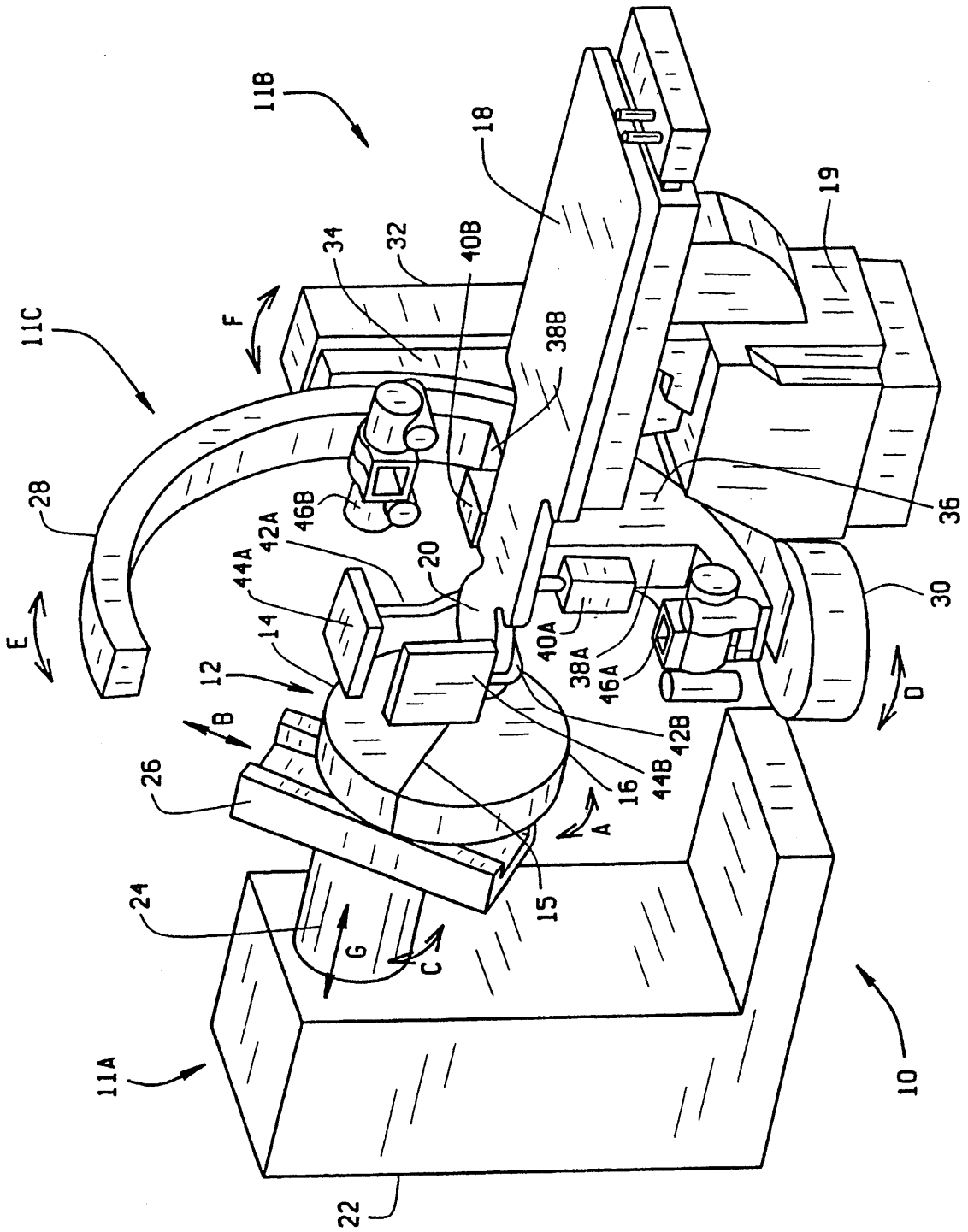
**【図25】**

図25は、マグネットおよび支持構体を具えた磁氣的外科的処置システムの右側から見た斜視図である。

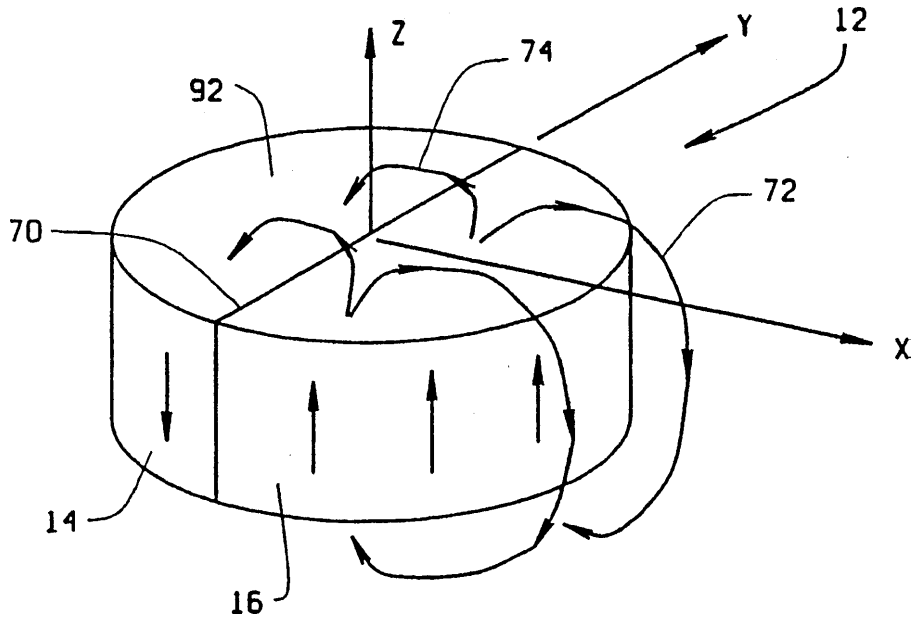
**【図26】**

図26は、マグネットおよび支持構体を具えた磁氣的外科的処置システムの左側から見た斜視図である。

【図1】

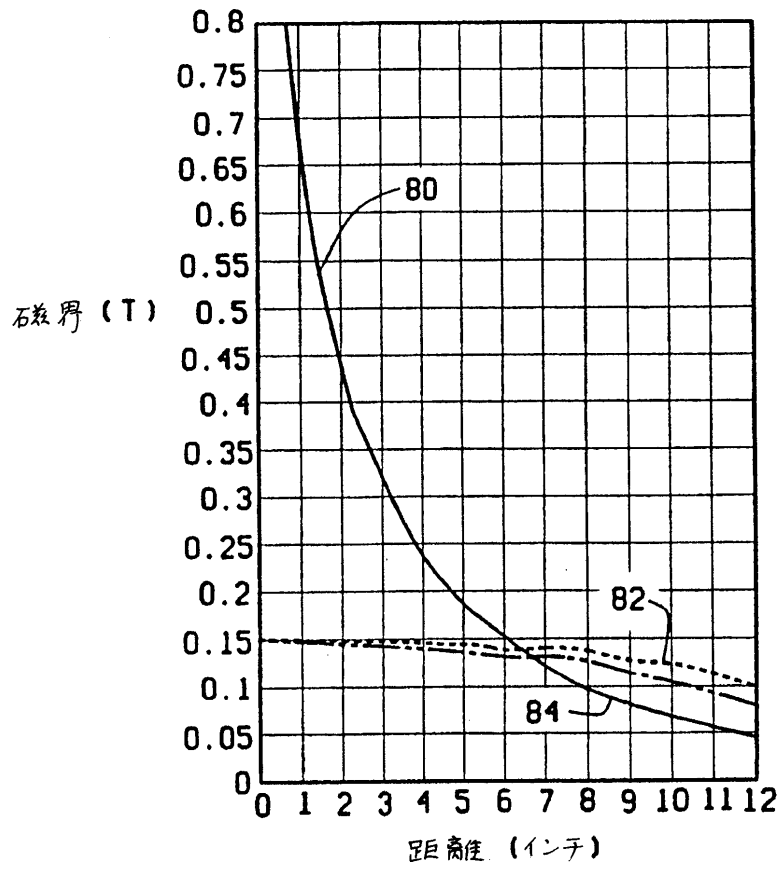


【図2】

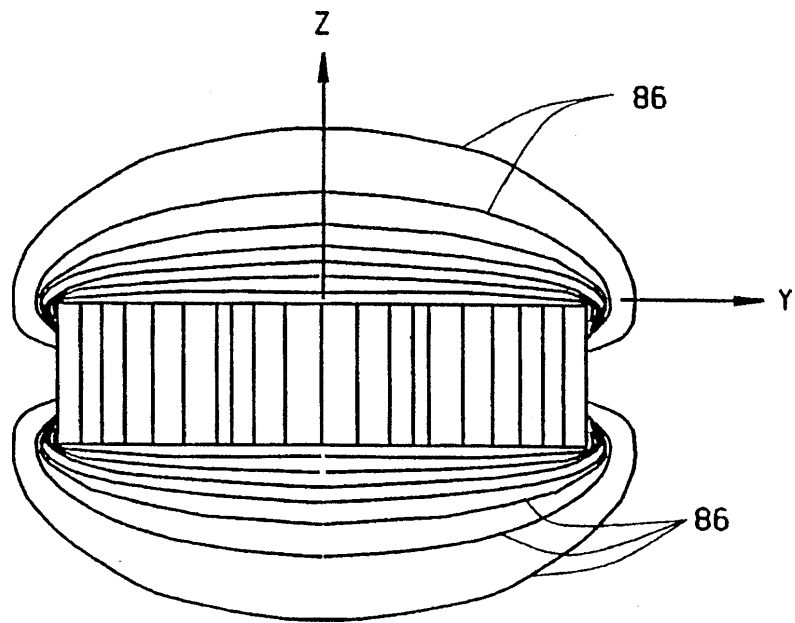


【図3A】

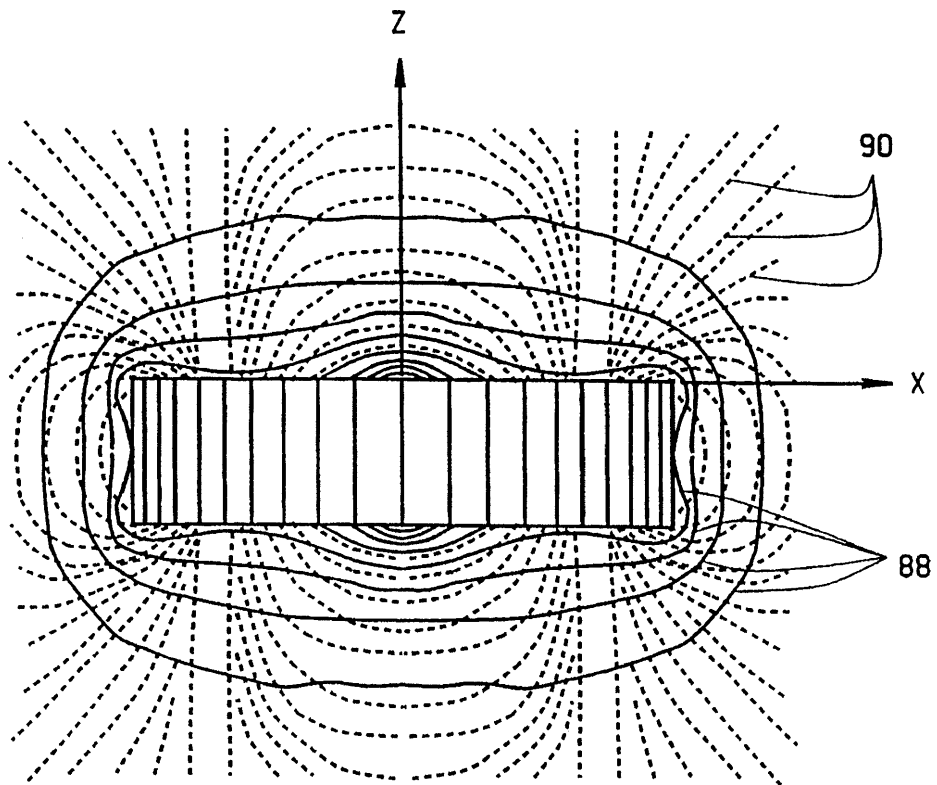
円柱状4重極の磁界



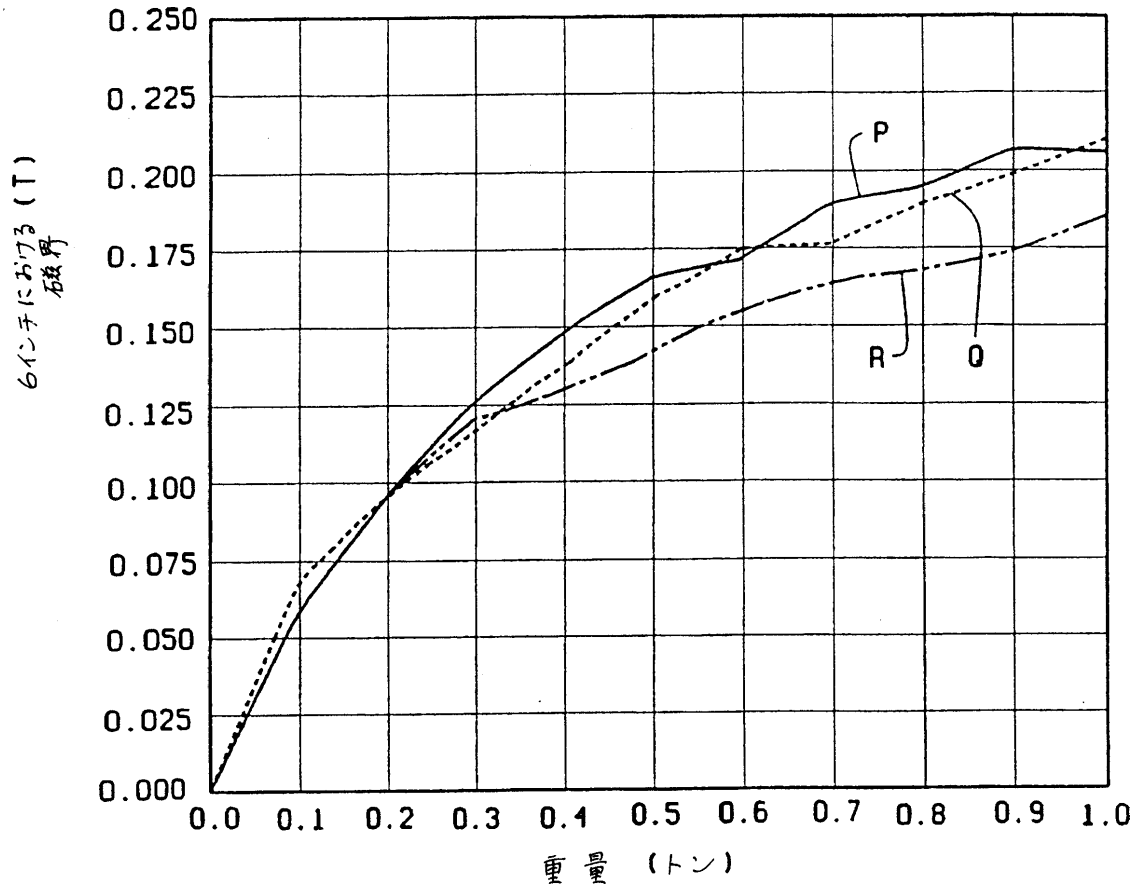
【図3B】



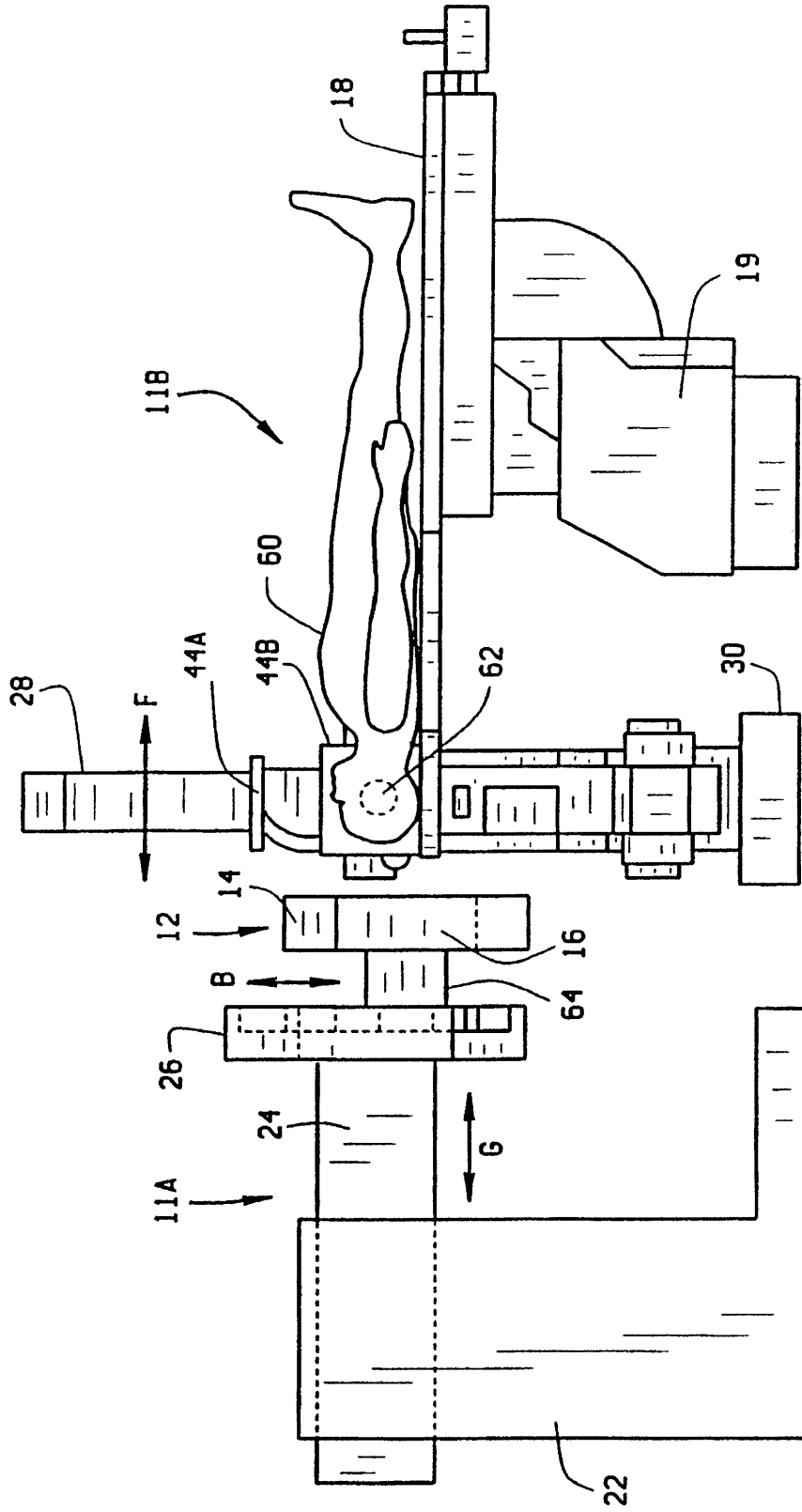
【図3C】



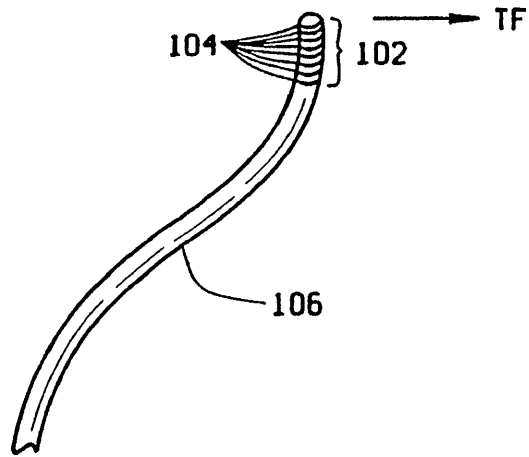
【図4】



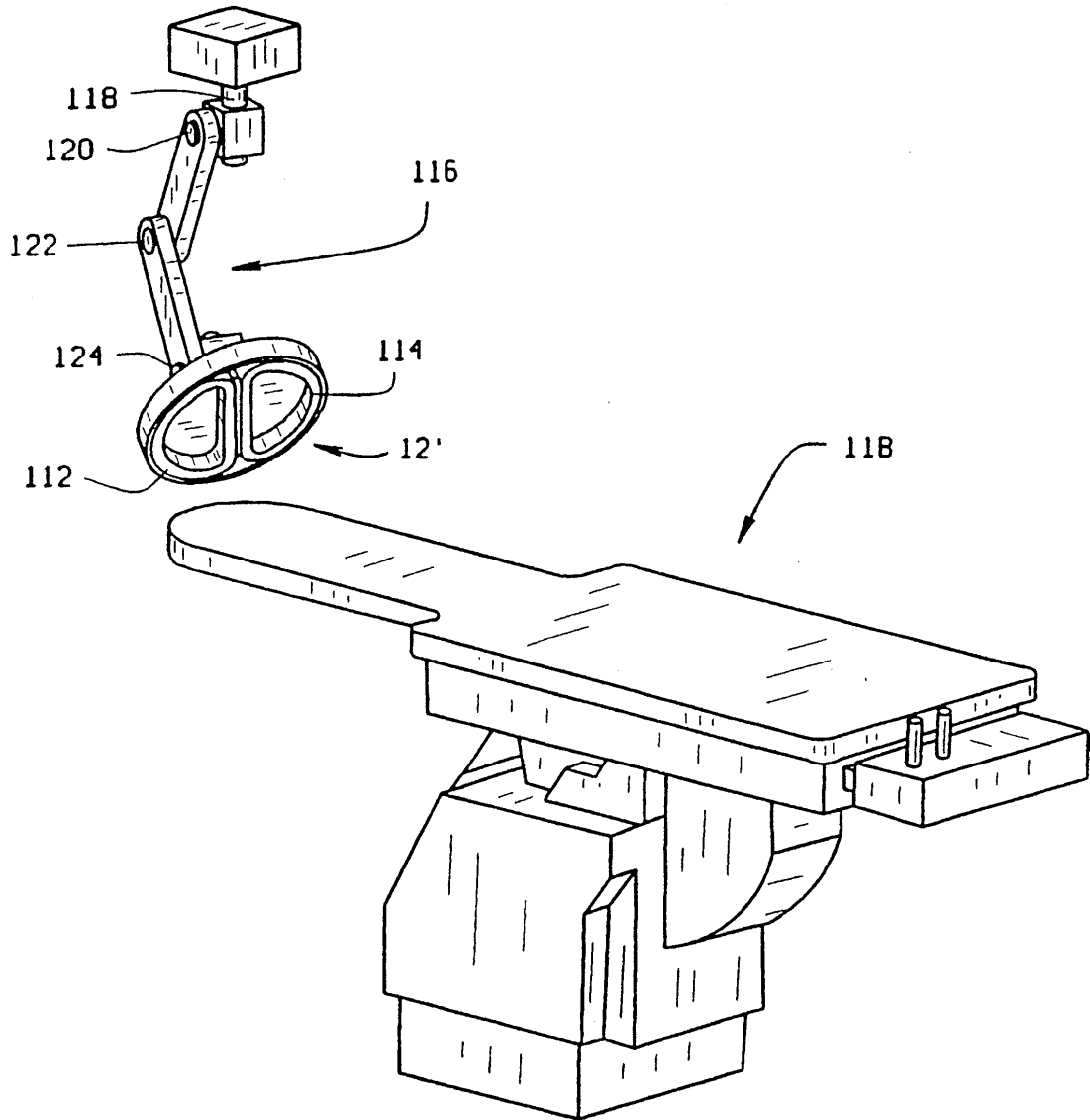
【図5】



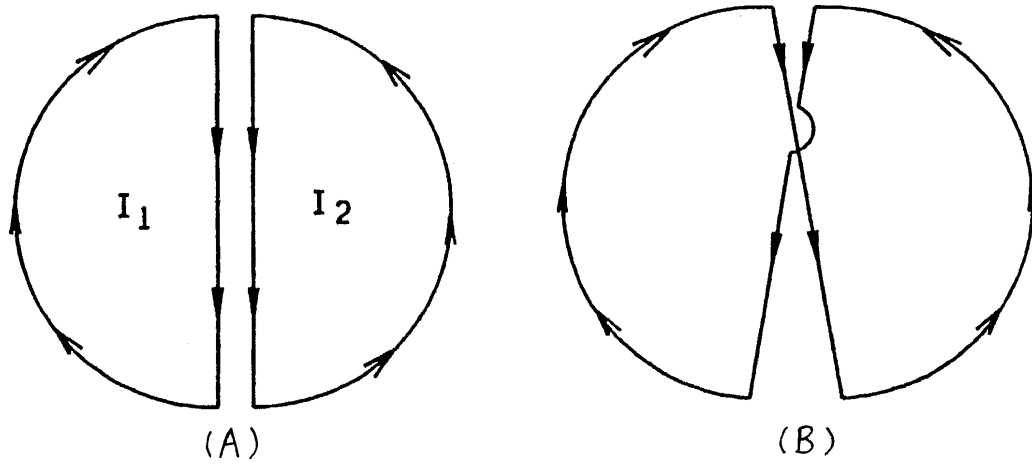
【図6】



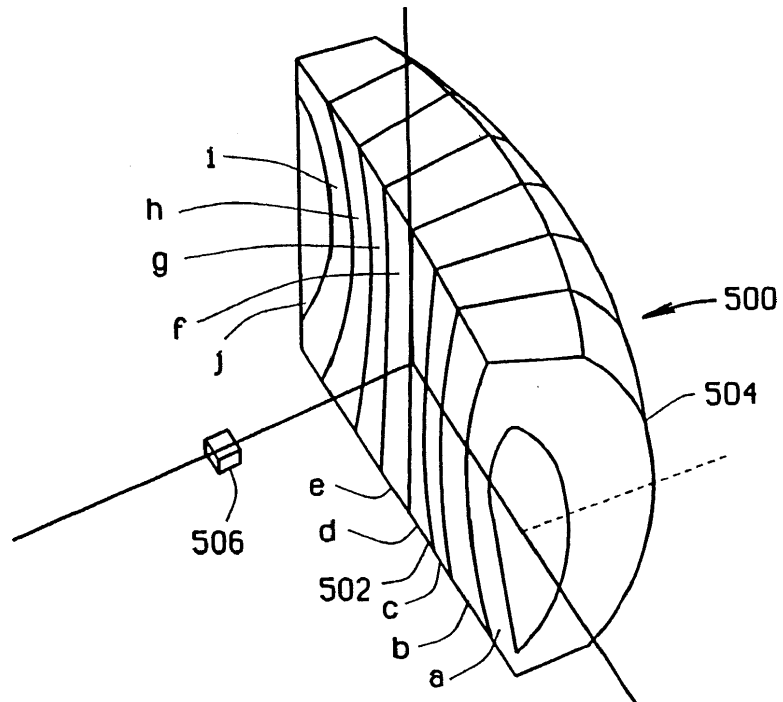
【図7】



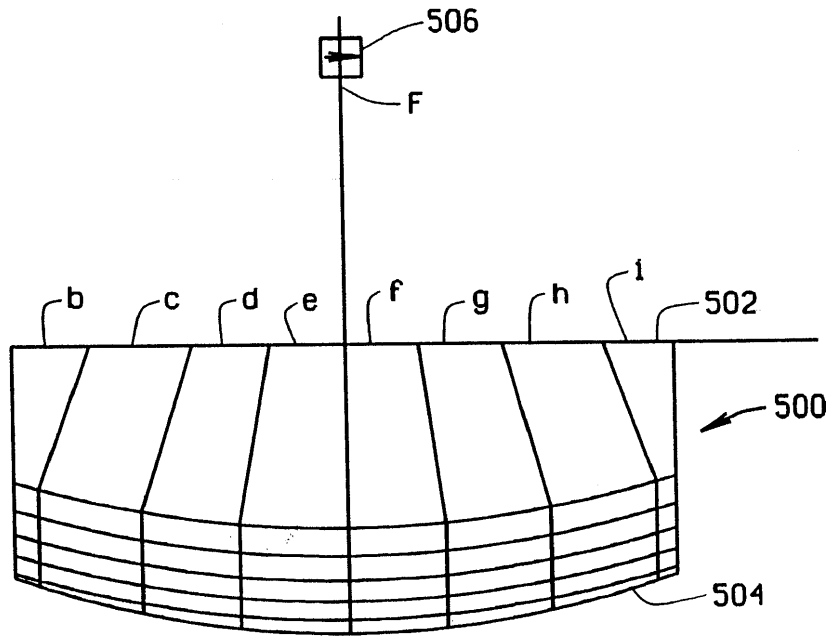
【図8】



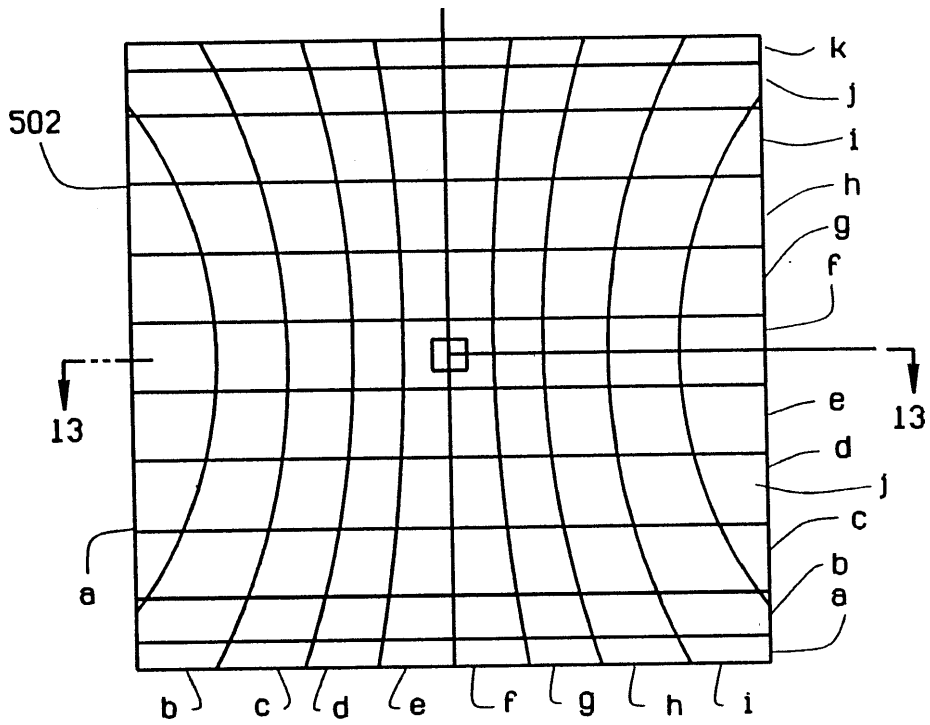
【図9】



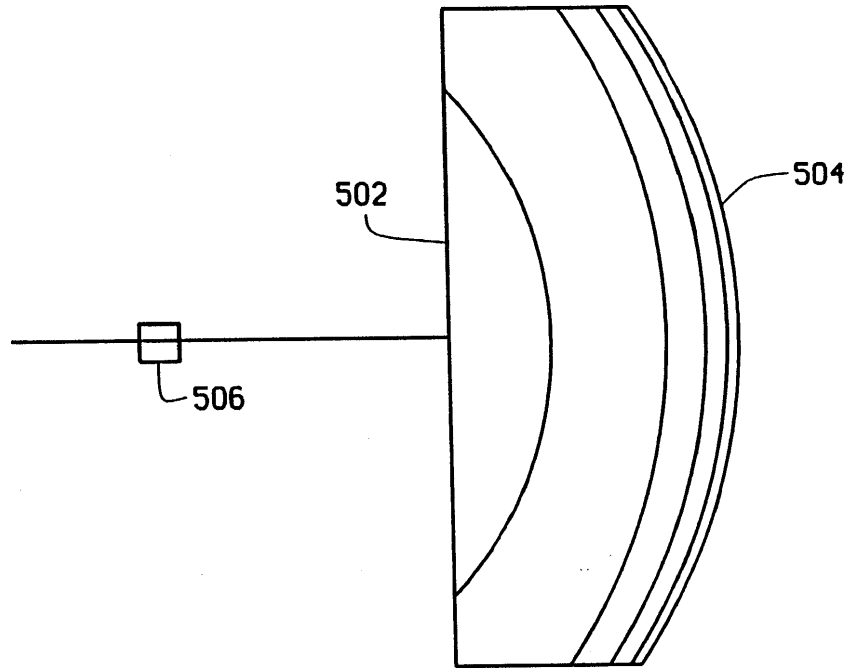
【図10】



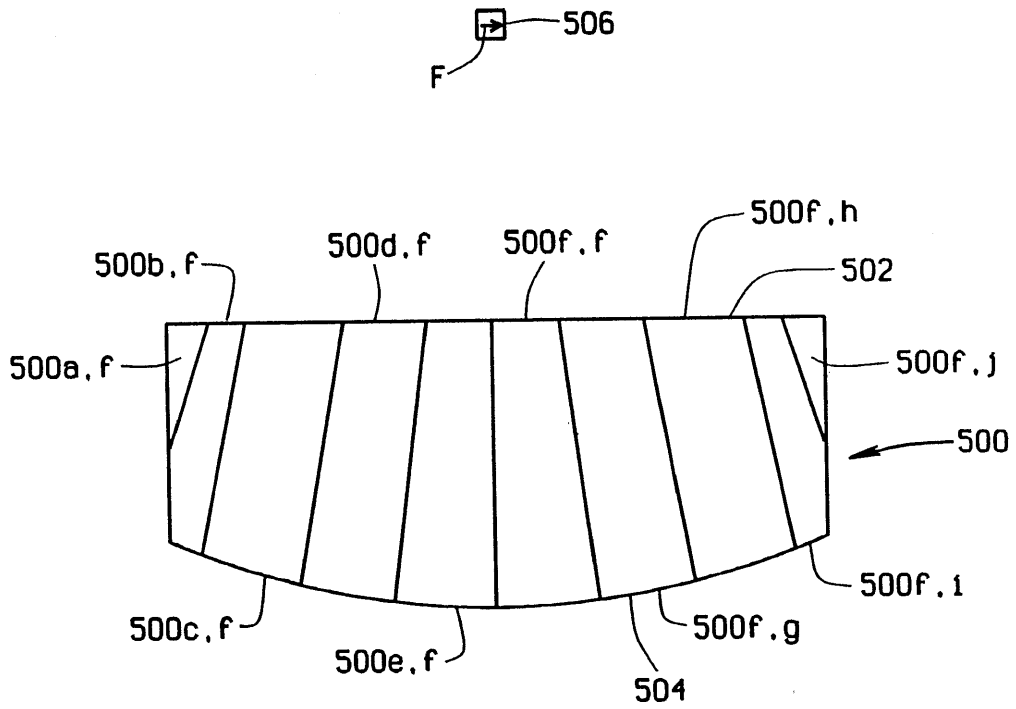
【図11】



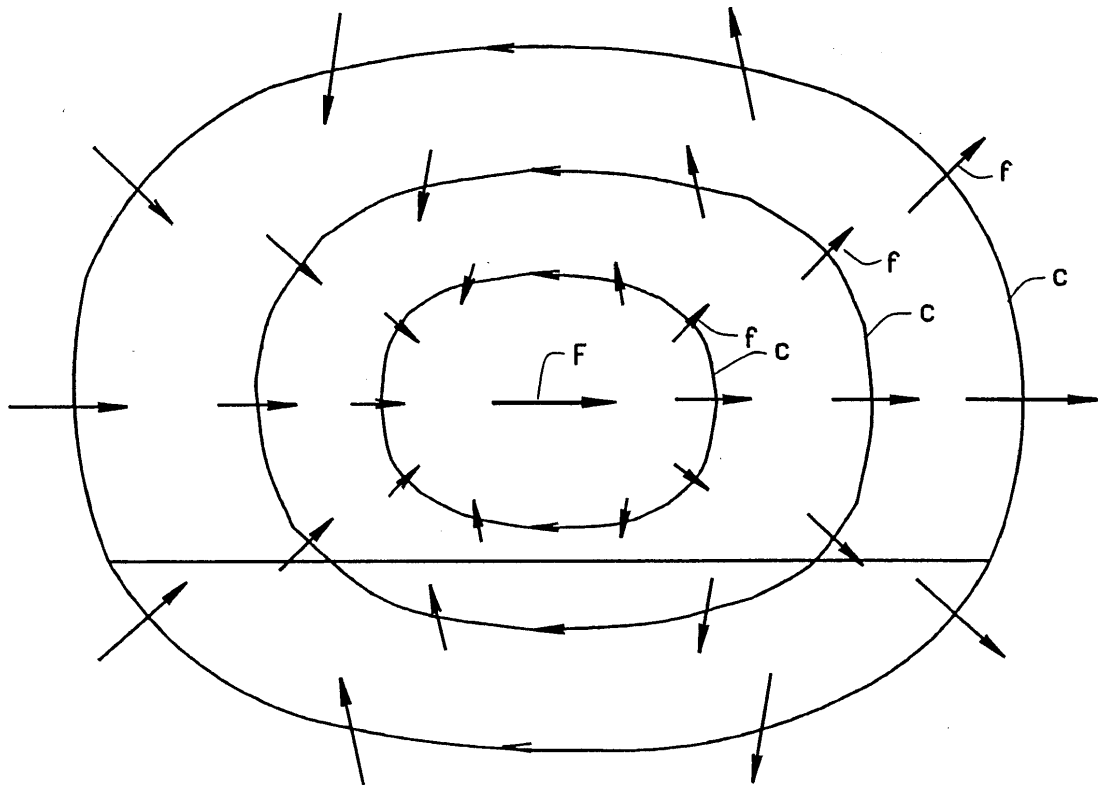
【図12】



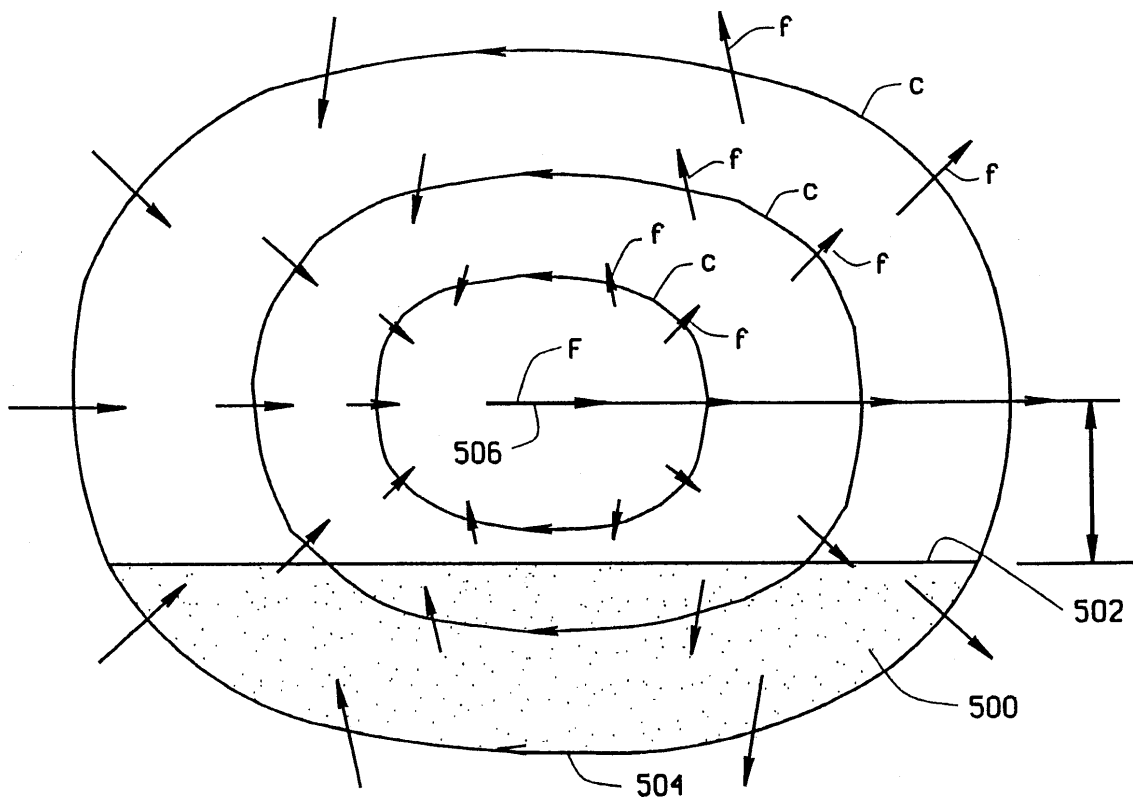
【図13】



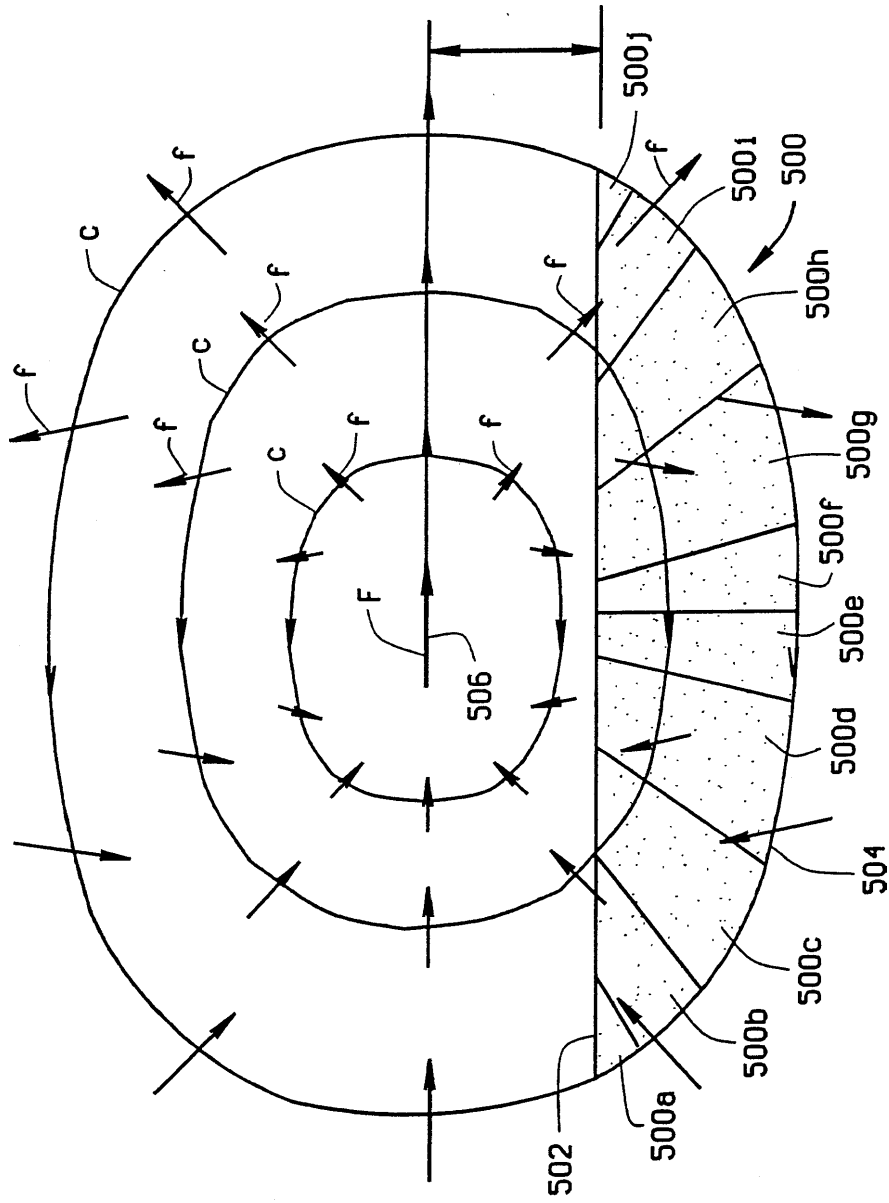
【図14】



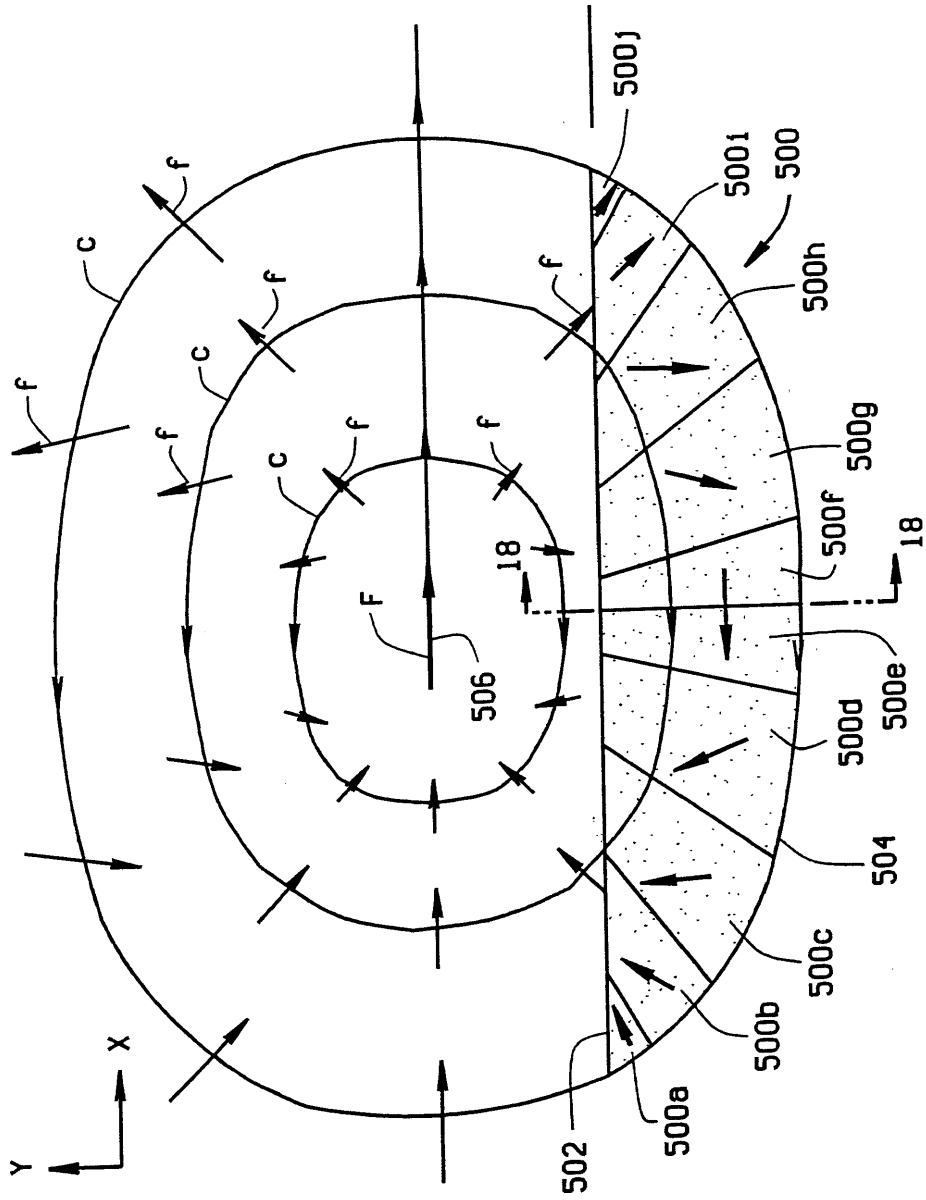
【図15】



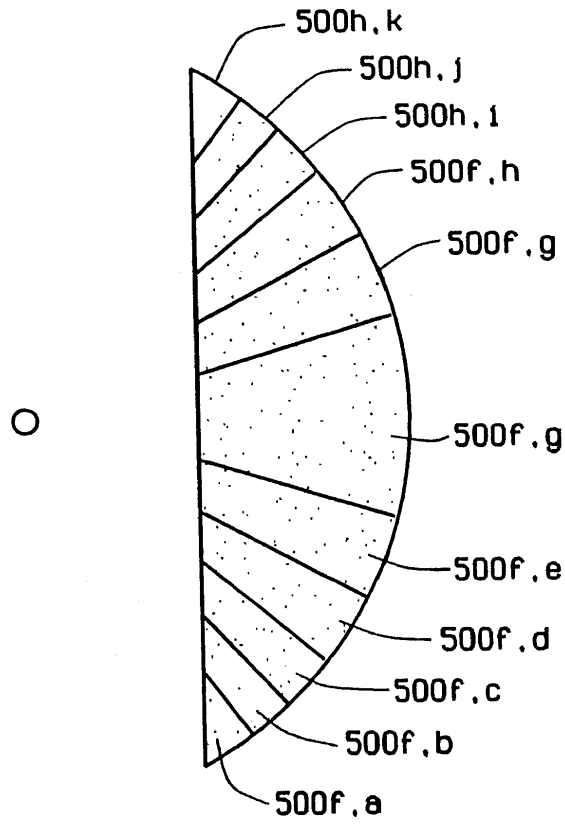
【図16】



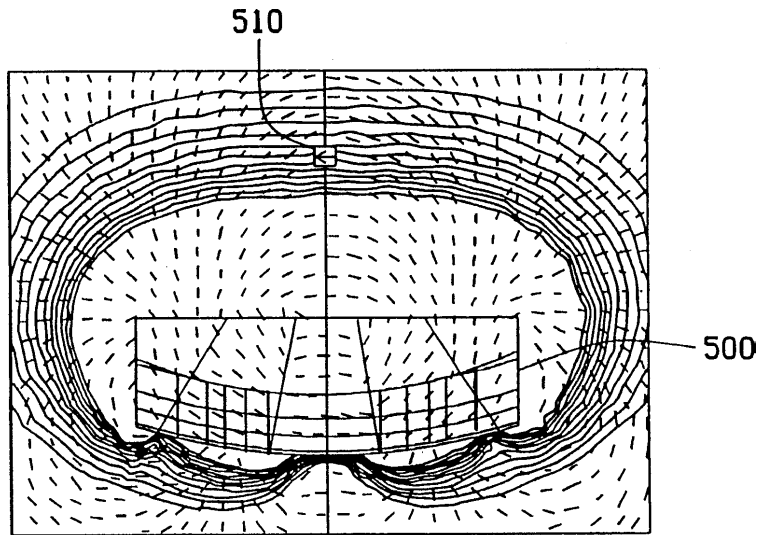
【図17】



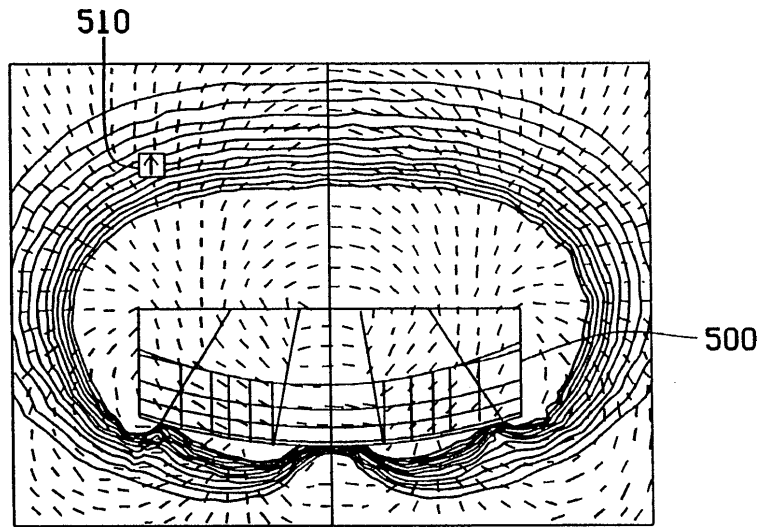
【図18】



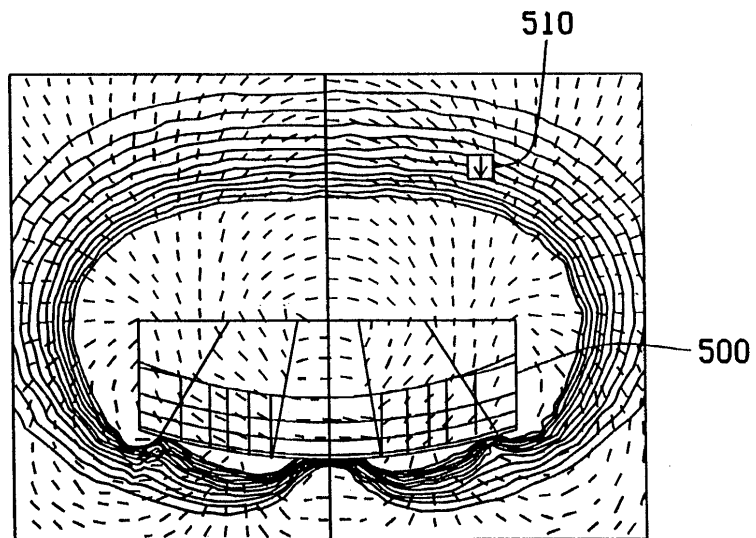
【図19A】



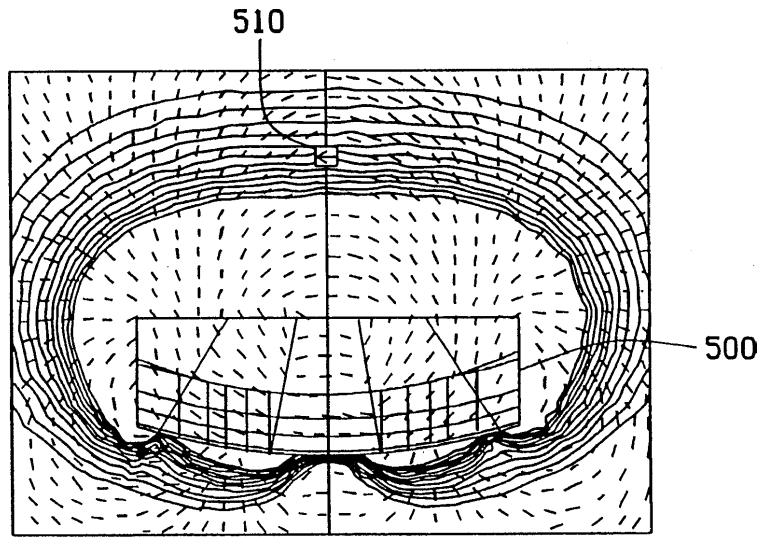
【図19B】



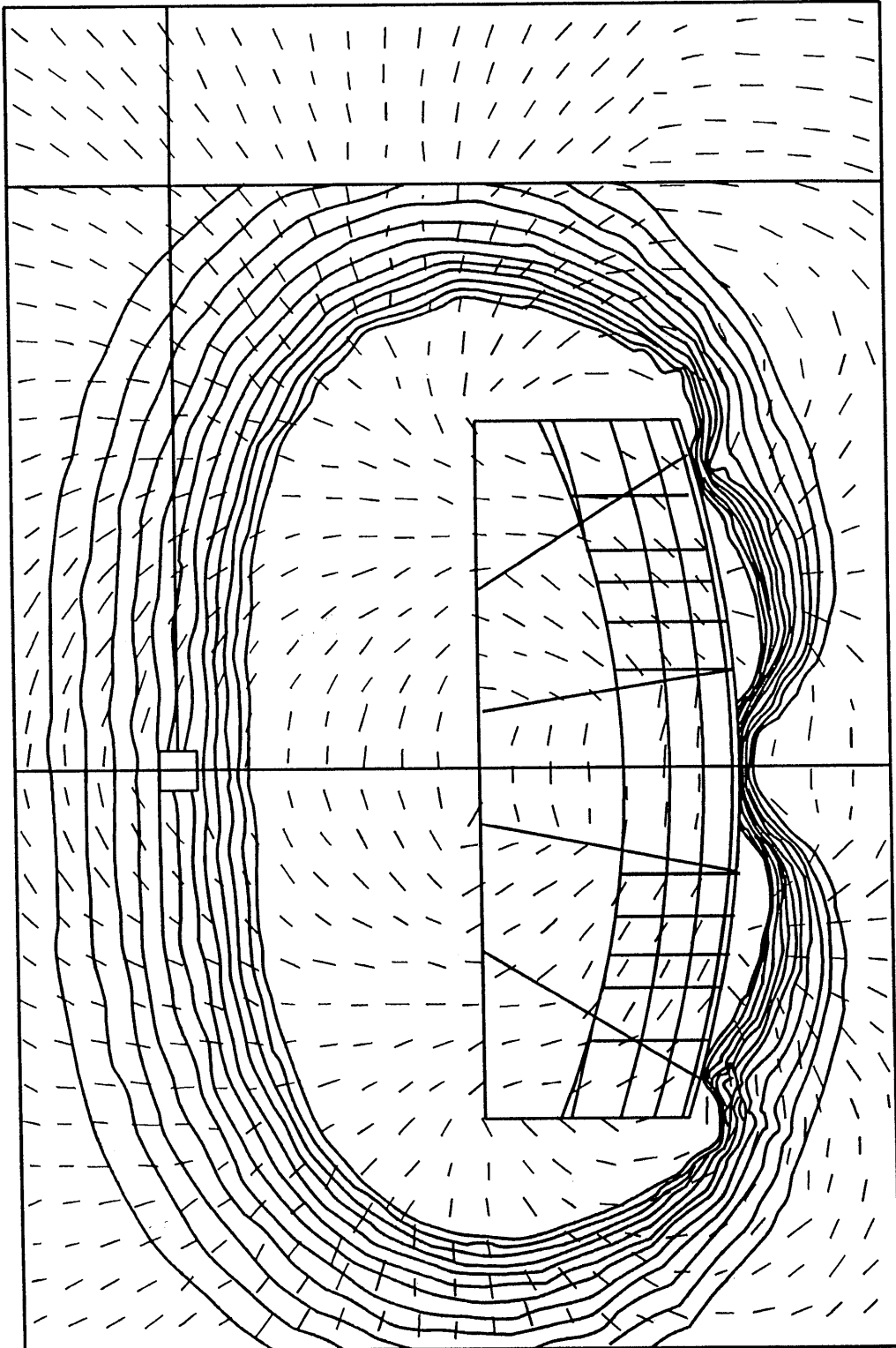
【図19C】



【図19D】

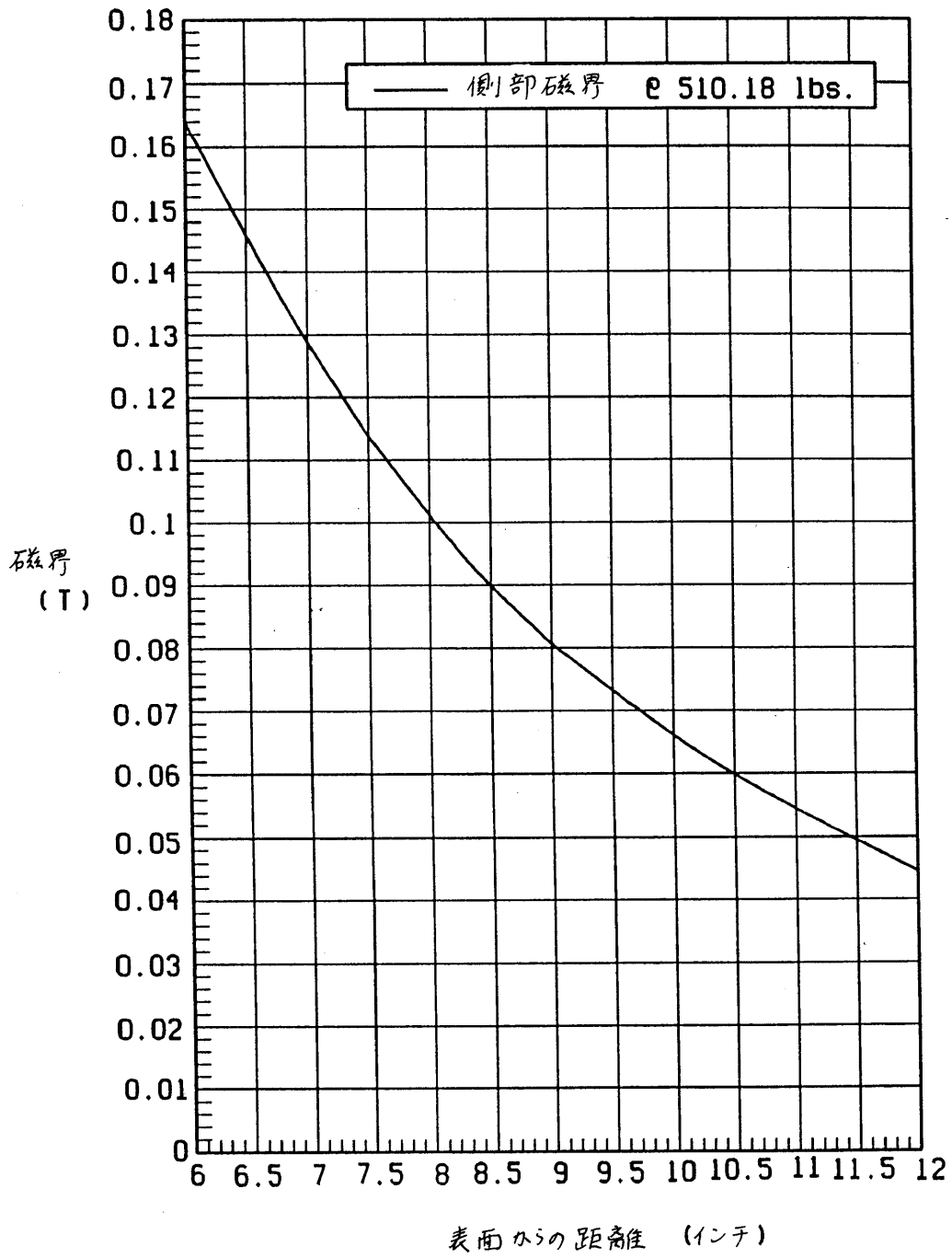


【図20】

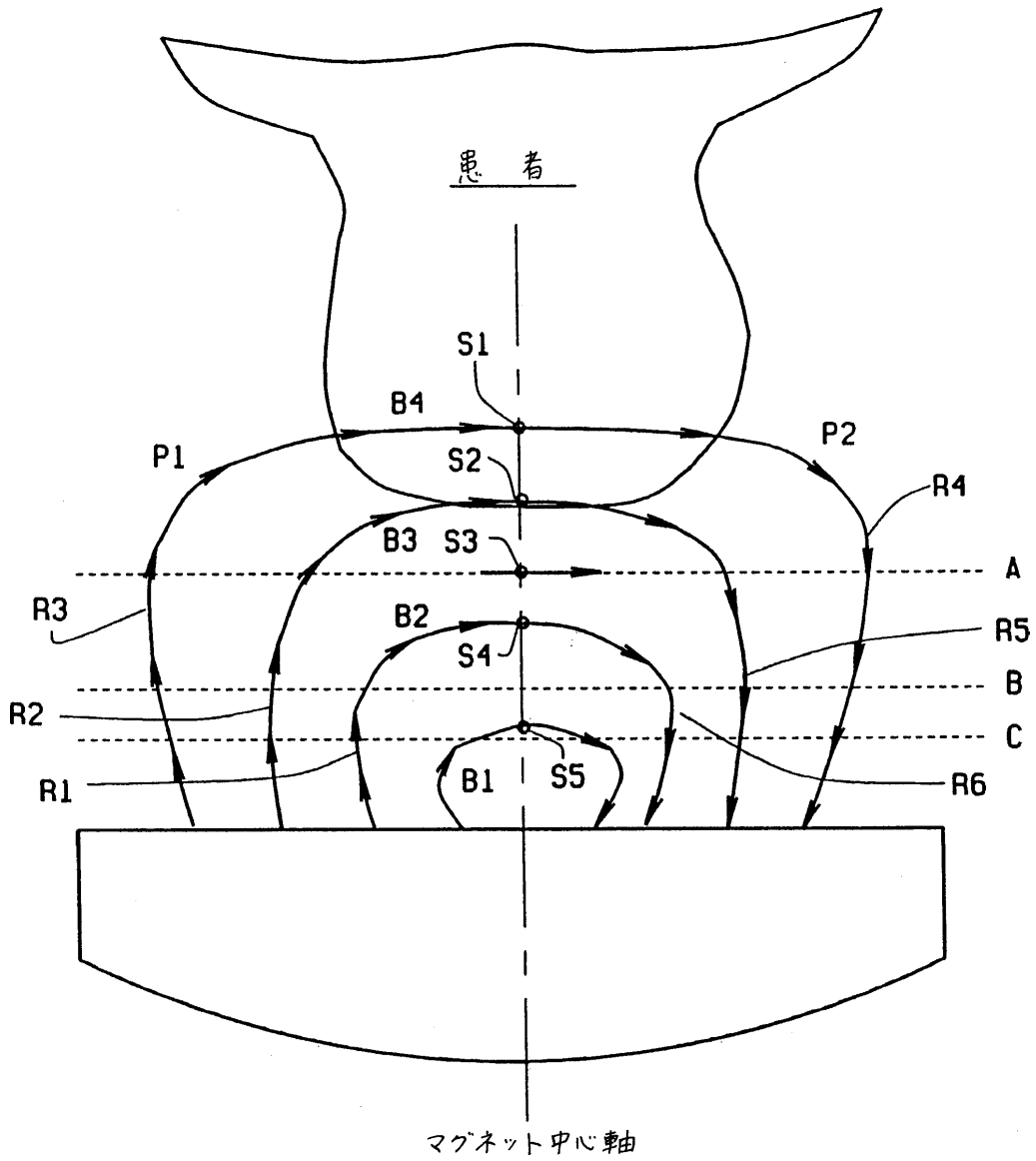


【図21】

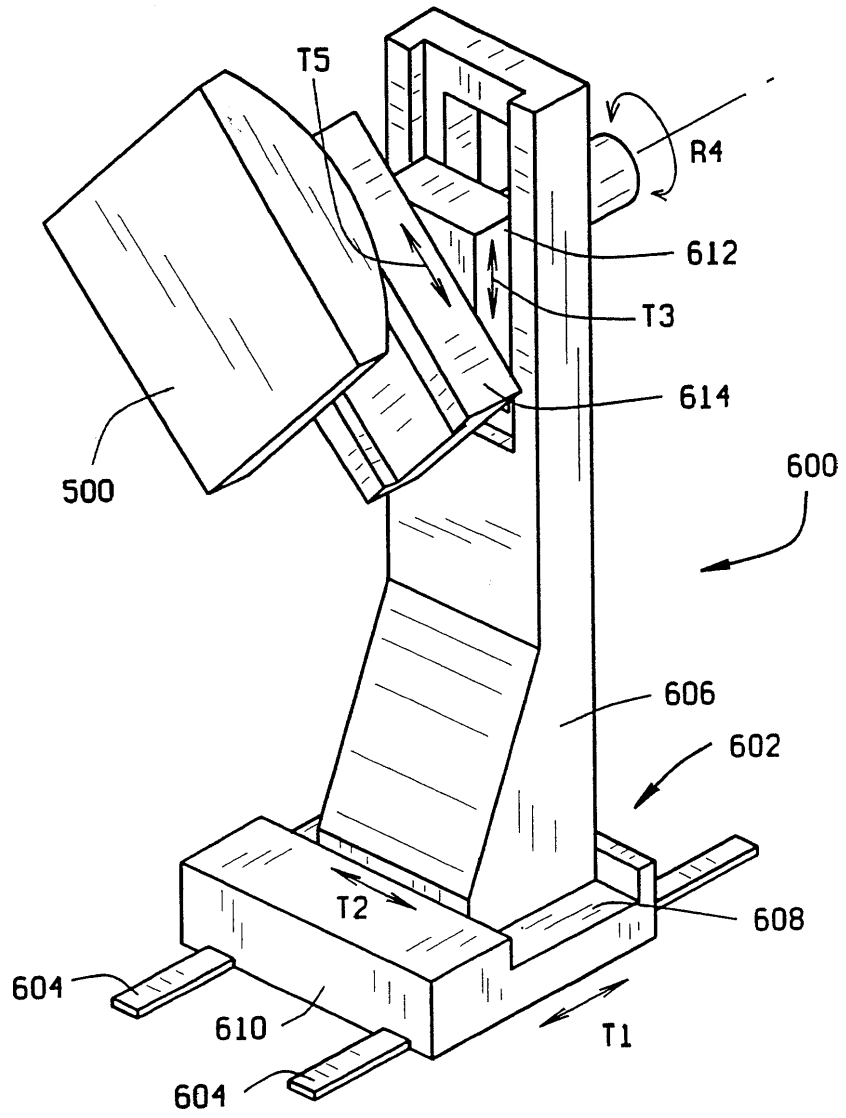
FMC9dに対する磁界プロット



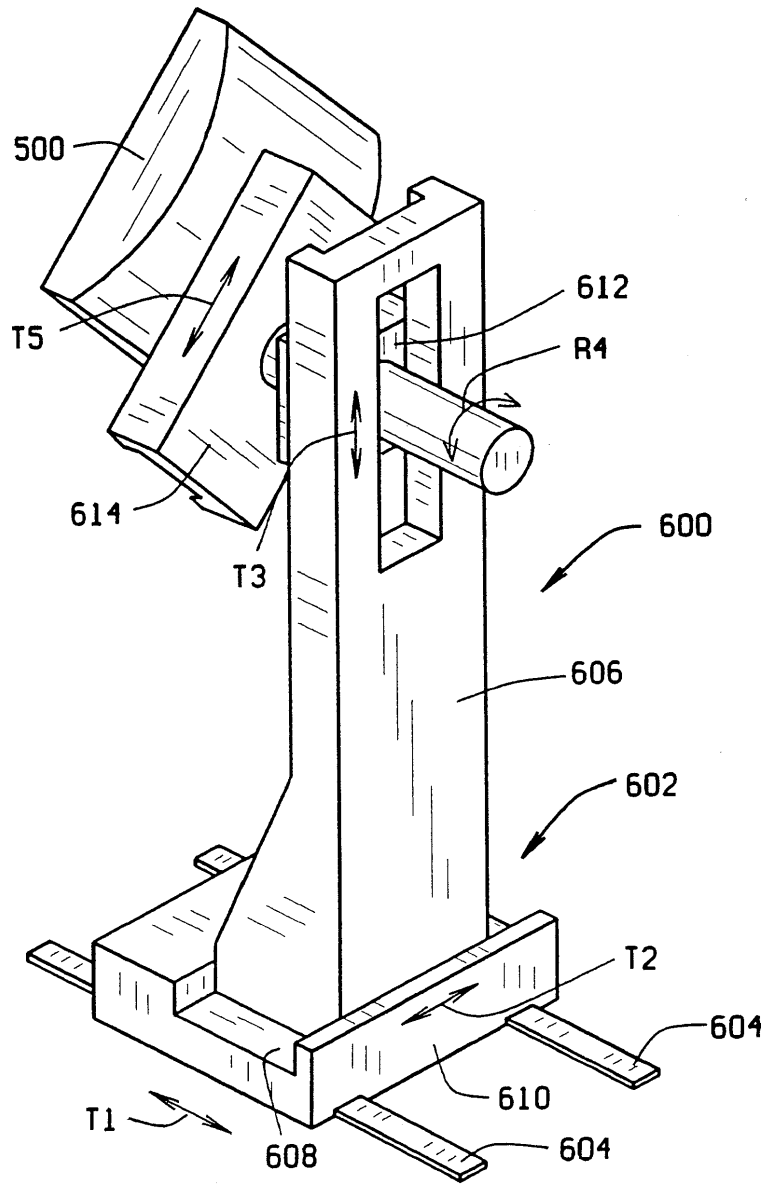
【図22】



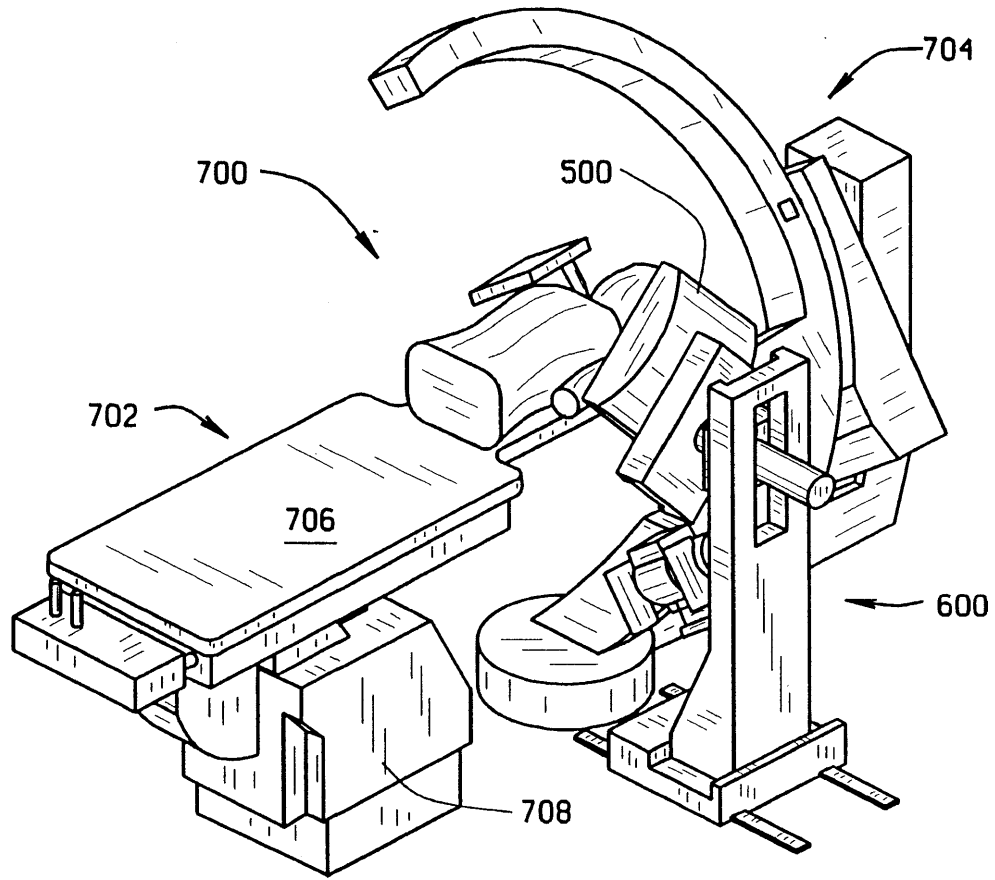
【図23】



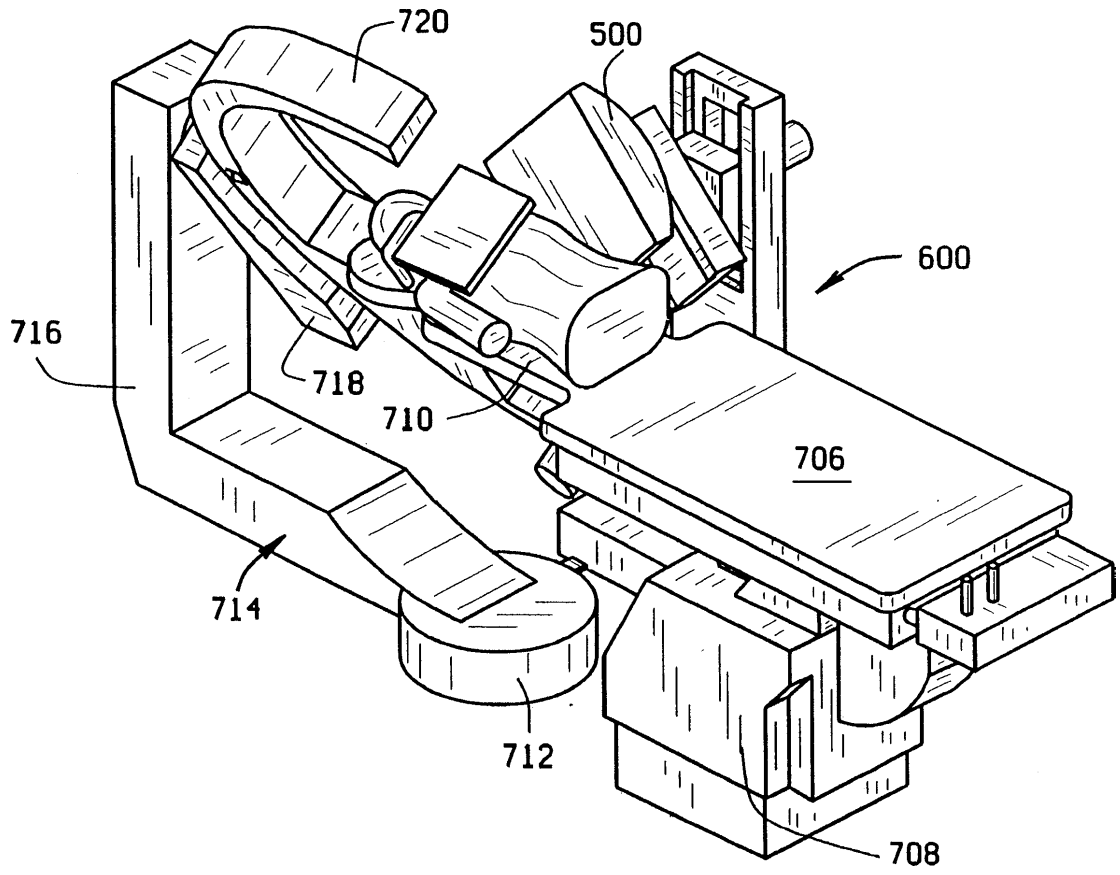
【図24】



【図25】



【図26】



## 【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US00/03087
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC(7) :A61B 1/01 US CL :128/899 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) U.S. : 128/897-899; 600/424 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched NONE Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EAST		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5,681,260 A (UEDA et al.) 28 October 1997, entire document.	1-57
A	US 5,622,169 A (GOLDEN et al.) 22 April 1997, entire document.	1-57
A	US 5,257,636 A (WHITE) 02 November 1993, entire document.	1-57
A	US 5,312,321 A (HOLCOMB) 17 May 1994, entire document.	1-57
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 18 JUNE 2000		Date of mailing of the international search report 17 AUG 2000
Name and mailing address of the ISA/US Commissioner of Patents and Trademarks Box PCT Washington, D.C. 20231 Facsimile No. (703) 305-3230		Authorized officer SAMUEL GILBERT Telephone No. (703) 308-3553

## フロントページの続き

(81)指定国 EP(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AP(GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZW

(72)発明者 フランシス エム クレイトン ザ・フォー  
ース

アメリカ合衆国 ミズーリ州 63112 セ  
ント・ルイス パーシング・アベニュー ナ  
ンバー・12 5631

(72)発明者 ロジャーズ シー リター

アメリカ合衆国 バージニア州 22911  
シャーロットビル チェスナット・リッ  
ジ・ロード 117

(72)発明者 アンドリユー エフ ホール

アメリカ合衆国 ミズーリ州 63304 セ  
ント・チャールズ ローズモント・ドライ  
ブ 5184

(72)発明者 ロジャー エヌ ヘイスティングズ

アメリカ合衆国 ミネソタ州 55369 メ  
イプル・グループ ケアリー・レーン  
7013

专利名称(译)	磁力辅助手术高效磁铁系统		
公开(公告)号	<a href="#">JP2002536037A</a>	公开(公告)日	2002-10-29
申请号	JP2000596818	申请日	2000-02-03
申请(专利权)人(译)	每次免缝怪胎顺股份有限公司莱特		
[标]发明人	フランシスエムクレイトンザフォース ロジャーズシーリター アンドリユーエフホール ロジャーエヌヘイスティングズ		
发明人	フランシスエムクレイトンザフォース ロジャーズシーリター アンドリユーエフホール ロジャーエヌヘイスティングズ		
IPC分类号	A61B5/06 A61B19/00 A61M25/01 A61N2/10 H01F6/00		
CPC分类号	A61B34/73 A61B1/00158 A61B34/70 A61B90/36 A61B2034/301 A61B2034/733 A61B2034/742 A61M25/0127		
FI分类号	A61B5/06 H01F7/22.ZAA.A		
优先权	60/118959 1999-02-04 US		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

磁性辅助手术系统包括磁性支撑结构，患者支撑结构和磁体，所述磁体用于向由患者支撑结构支撑的患者的治疗区域提供近场。一种磁体，具有至少四个与磁支撑结构相连的磁极。磁体在治疗区域中可移动，使得磁场线的方向是可调节的。该磁体被永久磁化，并且包括一对基本半圆形的半部，它们接合在一起以形成高度稳定的磁盘结构。磁体提供的磁场和梯度场与圆盘的旋转相结合，使得圆盘在一个平面中的运动足以在外科手术期间以及因此在外科手术过程中引导磁场。减少了以上所要求的对医学图像生成设备的干扰。与该系统一起用于外科手术的医学指导设备的示例是具有一系列可渗透环的柔性内窥镜或导管。

