

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014 年 1 月 3 日(03.01.2014)

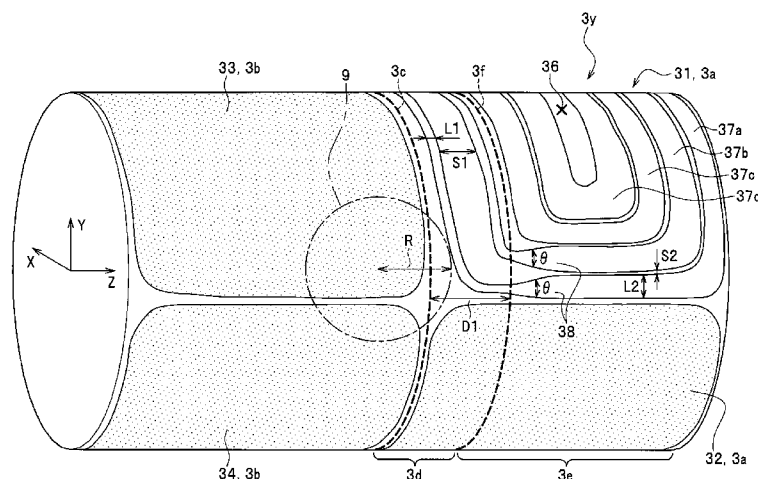


(10) 国際公開番号
WO 2014/003126 A1

- (51) 国際特許分類:
A61B 5/055 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/067674
- (22) 国際出願日: 2013 年 6 月 27 日(27.06.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2012-143714 2012 年 6 月 27 日(27.06.2012) JP
- (71) 出願人: 株式会社 日立メディコ(HITACHI MEDICAL CORPORATION) [JP/JP]; 〒1010021 東京都千代田区外神田四丁目 1 4 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 寺田 将直(TERADA Masanao); 〒3191292 茨城県日立市大みか町七丁目 1 番 1 号 株式会社日立製作所 日立研究所内 Ibaraki (JP). 阿部 充志(ABE Mitsushi); 〒3191292 茨城県日立市大みか町七丁目 1 番 1 号 株式会社日立製作所 日立研究所内 Ibaraki (JP). 今村 幸信(IMAMURA Yukinobu); 〒3191292 茨城県日立市大みか町七丁目 1 番 1 号 株式会社日立製作所 日立研究所内 Ibaraki (JP). 黒目 明(KUROME Akira); 〒1010021 東京都千代田区外神田四丁目 1 4 番 1 号 株式会社日立メディコ内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 磯野 道造(ISONO Michizo); 〒1020093 東京都千代田区平河町 2 丁目 7 番 4 号 砂防会館別館内 磯野国際特許商標事務所気付 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: GRADIENT MAGNETIC FIELD COIL DEVICE AND MAGNETIC RESONANCE IMAGING DEVICE

(54) 発明の名称: 傾斜磁場コイル装置及び磁気共鳴イメージング装置



(57) Abstract: Provided is a gradient magnetic field coil device by which an eddy current magnetic field of an even-ordered component can be reduced. The invention includes a forward coil (3a) and a reverse coil (3b) which faces the forward coil (3a) so as to sandwich a middle surface (3c) and through which flows an electric current directed opposite to the forward coil (3a). The forward coil (3a) and the reverse coil (3b) have a middle region (3d) approaching the middle surface (3c) and an outside-the-middle region (3e) where the distance from the middle surface (3c) is greater than the middle region (3d). A line width (L1) of coil lines (37a, 37b) in the middle region (3d) is narrower than a line width (L2) of coil lines (37a to 37d) in the outside-the-middle region (3e).

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2014/003126 A1

偶数次成分の渦電流磁場を低減できる傾斜磁場コイル装置を提供する。順コイル（３ a）と、中央面（３ c）を挟むように順コイル（３ a）に対向し、順コイル（３ a）とは逆方向の電流を流す逆コイル（３ b）と、を有し、順コイル（３ a）と逆コイル（３ b）は、中央面（３ c）に近接する中央領域（３ d）と、中央面（３ c）からの距離が中央領域（３ d）より大きい中央外領域（３ e）と、を有し、中央領域（３ d）におけるコイル線（３ 7 a、３ 7 b）の線幅（L 1）は、中央外領域（３ e）におけるコイル線（３ 7 a～３ 7 d）の線幅（L 2）より狭い。

明 細 書

発明の名称：傾斜磁場コイル装置及び磁気共鳴イメージング装置 技術分野

[0001] 本発明は、傾斜磁場コイル装置及びそれを備えた磁気共鳴イメージング（以下、MRI；Magnetic Resonance Imagingと称す）装置に関する。

背景技術

[0002] MRI装置は、内側の撮像空間における静磁場コイル（超伝導コイル等）が生成する均一な静磁場中に、被検体（通常人体）を挿入して核スピンを励起させるRFコイルによるRFパルス照射し、これにより被検体の生体内から発生する磁気共鳴信号を受信して、医療診断用の断層画像を取得する。このとき、傾斜磁場コイル装置で、時間的にパルス状で空間的に傾斜した（一次の傾きを有する）傾斜磁場を生成し、撮像空間に置かれた被検体内の三次元の位置情報を付与するようにしている。

[0003] 近年、前記断層画像の高画質画像取得と撮像時間短縮のため、傾斜磁場コイル装置には、高傾斜磁場強度と高速駆動が求められ、傾斜磁場電源等の性能向上により、傾斜磁場コイル装置に大電流を通電し、高速にスイッチングすることで、それらの要求が実現できるようになった。この実現に伴い、パルス状の傾斜磁場の発生時に傾斜磁場コイル装置等の導体に流れる渦電流も大きくなり、渦電流発熱や渦電流による磁場（渦電流磁場）が大きくなった。渦電流磁場は撮像空間の傾斜磁場を歪ませるため、前記断層画像の画質を悪化させる場合がある。特に、渦電流磁場の二次以上の偶数次成分は、一次成分からなる傾斜磁場補正パルスで補償できないため、小さくすることが求められる。そこで、偶数次成分が渦電流磁場によって略0になるように導電体リングを配置することが提案されている（例えば、特許文献1等参照）。また、鎖交する傾斜磁場の強い領域のコイル導体の幅を、渦電流による発熱を抑えるために細くすることが提案されている（例えば、特許文献2等参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開平 1 0－2 1 6 1 0 2 号公報

特許文献2：特開 2 0 0 9－1 8 3 3 8 6 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 傾斜磁場コイル装置のコイル導体内の渦電流を小さくするには、磁場が鎖交するコイル導体の幅を狭くすることが有効であるが、高傾斜磁場強度を得る大電流通電に対しては発熱が無視できず限界がある。そこで、コイル導体の幅を狭くする一方で、コイル導体の厚さを厚くすれば、発熱は抑えられる。しかし、被検体に閉所感を与えないよう撮像空間を広くし、装置設置空間の制限から静磁場コイル装置をできるだけコンパクトにする要請があるため、必然的に、静磁場コイル装置と撮像空間の間に設置される傾斜磁場コイル装置を厚くできず、コイル導体の厚さは厚くできない。コイル導体を厚くすることで、その幅を狭くすることはできない。コイル導体の幅は、狭めると渦電流抑制ができ、広げると大電流通電時の発熱抑制ができるが、どちらも十分に抑制可能な幅の存在しないトレードオフの関係になっている。

[0006] 前記渦電流抑制をすれば、渦電流発熱抑制と渦電流磁場低減ができ、渦電流磁場低減の中でも傾斜磁場の補正で相殺したり補ったりできない二次以上の偶数次成分の渦電流磁場の低減ができ、前記断層画像の画質を向上できる。逆に、渦電流抑制を、渦電流磁場の二次以上の偶数次成分の抑制に絞ることで、上記トレードオフの関係を緩和できると考えられた。すなわち、二次以上の偶数次成分の渦電流磁場を発生させる渦電流が流れないコイル導体の幅はそのままに、二次以上の偶数次成分の渦電流磁場を発生させる渦電流が流れるコイル導体の幅を狭める。発熱箇所が部分的になるので、渦電流発熱も抑制できる。そして、発明者等は、二次以上の偶数次成分の渦電流磁場を発生させる渦電流が流れるコイル導体と他のコイル導体との区別を明らかに

し、本発明を完成させた。

[0007] そこで、本発明が解決しようとする課題は、偶数次成分の渦電流磁場を低減できる傾斜磁場コイル装置を提供することである。また、この傾斜磁場コイル装置を搭載し前記断層画像の画質を向上できるMRI装置を提供することである。

課題を解決するための手段

[0008] 前記課題を解決するために、本発明は、順コイルと、中央面を挟むように前記順コイルに対向し、前記順コイルとは逆方向の電流を流して、前記中央面の周辺に傾斜磁場を発生させる逆コイルと、を有し、前記順コイルと前記逆コイルの少なくとも1つのコイルは、前記コイルの中心軸、又は、前記中央面に近接する中央領域と、前記コイルの中心軸、又は、前記中央面からの距離が前記中央領域より大きい中央外領域と、を有し、前記中央領域における前記コイルのコイル線の線幅は、前記中央外領域における前記コイルのコイル線の線幅より狭いことを特徴とする傾斜磁場コイル装置である。また、この傾斜磁場コイル装置を搭載した磁気共鳴イメージング装置を本発明の特徴とする。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、偶数次成分の渦電流磁場を低減できる傾斜磁場コイル装置を提供できる。また、この傾斜磁場コイル装置を搭載し前記断層画像の画質を向上できるMRI装置を提供できる。なお、前記した以外の課題、構成及び効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本発明の第1の実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置（傾斜磁場コイル装置）のy方向傾斜磁場メインコイルの斜視図である。

[図2]本発明の第1の実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置の斜視図である。

[図3]本発明の第1の実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置を中心軸（z軸）を含むyz平面で切断した断面図である。

[図4] y 方向傾斜磁場メインコイルおよび y 方向傾斜磁場シールドコイルの電流通電により発生する磁場（傾斜磁場を含む）の y z 平面上の磁力線及び磁束密度の分布図である。

[図5]比較例の y 方向傾斜磁場メインコイルの斜視図であり、それに流れる渦電流分布を示す図である。

[図6]比較例の y 方向傾斜磁場メインコイルおよび y 方向傾斜磁場シールドコイルの電流通電により発生する磁場により自身の y 方向傾斜磁場メインコイルのコイル導体に生じる渦電流により発生する磁場の y z 平面上の磁力線の分布図である。

[図7]本発明の第 1 の実施形態に係る傾斜磁場コイル装置の y 方向傾斜磁場メインコイルおよび y 方向傾斜磁場シールドコイルの電流通電により発生する磁場により自身の y 方向傾斜磁場メインコイルのコイル導体に生じる渦電流により発生する磁場の y z 平面上の磁力線の分布図である。

[図8A]図 6 と図 7 の A - A' 間の線分上の渦電流により発生する磁場の z 成分の磁束密度（実線：本発明（図 7）、破線：比較例（図 6））の分布図である。

[図8B]図 8 A の a 点における渦電流により発生する磁場の z 成分の磁束密度のパルス波形（実線：本発明、破線：比較例）を示す図である。

[図9]本発明の第 2 の実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置（傾斜磁場コイル装置）の y 方向傾斜磁場メインコイルの斜視図である。

[図10]本発明の第 3 の実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置（傾斜磁場コイル装置）の z 方向傾斜磁場メインコイルの斜視図である。

[図11]本発明の第 4 の実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置の斜視図である。

[図12]本発明の第 4 の実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置を中心軸（z 軸）を含む y z 平面で切断した断面図である。

[図13]本発明の第 4 の実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置（傾斜磁場コイル装置）の y 方向傾斜磁場メインコイルの第 1 順コイル（第 2 順コイル

）と第 1 逆コイル（第 2 逆コイル）の平面図である。

[図14]本発明の第 5 の実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置（傾斜磁場コイル装置）の z 方向傾斜磁場メインコイルの順コイル（逆コイル）の平面図である。

発明を実施するための形態

[0011] 次に、本発明の実施形態について、適宜図面を参照しながら詳細に説明する。なお、各図において、共通する部分には同一の符号を付し重複した説明を省略する。

[0012] （第 1 の実施形態）

図 2 に、本発明の第 1 の実施形態に係る MR I（磁気共鳴イメージング）装置 1 の斜視図を示す。MR I 装置 1 は、被検体 7 が寝たままの状態です静磁場コイル装置 5 で囲まれた撮像空間 9 に挿入するベッド 8 と、撮像空間 9 に均一な静磁場を生成する静磁場コイル装置 5 と、撮像空間 9 に位置情報を付与するために空間的に磁場強度が傾斜勾配した傾斜磁場をパルス状に発生させる傾斜磁場コイル装置 2 と、被検体 7 に高周波パルス照射する RF コイル 6 と、被検体 7 からの磁気共鳴信号を受信する受信コイル（図示省略）と、受信した磁気共鳴信号を処理して前記断層画像を表示するコンピュータシステム（図示省略）と、を有している。そして、MR I 装置 1 によれば、均一な静磁場中に置かれた被検体 7 に高周波パルス照射したときに生じる核磁気共鳴現象を利用して、被検体 7 の物理的、化学的性質を表す断層画像を得ることができ、その断層画像は、特に、医療用として用いられている。静磁場コイル装置 5 と、傾斜磁場コイル装置 2 と、RF コイル 6 とは、筒状であり、それら筒状の中心軸は互いに概ね一致し、かつ、z 軸に一致している。なお、y 軸方向は垂直方向上向きに設定されている。x 軸方向は、水平方向に設定され、さらに、y 軸方向から z 軸方向に右ネジを回したときに右ネジの進む方向に設定されている。これら軸座標の原点は、それら筒状の中心に設定されている。静磁場コイル装置 5 の外周は、中空円筒型容器である真空容器 5 e で構成されている。中空円筒型容器である真空容器 5 e の内筒壁

の内側、かつ、中空円筒型容器である真空容器 5 e の外部に、傾斜磁場コイル装置 2 と、RF コイル 6 が配置されている。

[0013] 傾斜磁場コイル装置 2 は、撮像空間 9 側に配置される傾斜磁場メインコイル 3 と、真空容器 5 e 側に配置される傾斜磁場シールドコイル 4 を有している。傾斜磁場メインコイル 3 は、撮像空間 9 に傾斜磁場を発生させるが、中空円筒型容器である真空容器 5 e にも、いわゆる漏れ磁場を発生させる。真空容器 5 e へのこの漏れ磁場を抑制するために、傾斜磁場シールドコイル 4 が設けられており、この傾斜磁場シールドコイル 4 には、傾斜磁場メインコイル 3 とは反対方向に電流が流れるようになっている。

[0014] 傾斜磁場メインコイル 3 は、z 軸方向に磁場強度が線形に変化する傾斜磁場を発生させる z 方向傾斜磁場メインコイル 3 z と、x 軸方向に磁場強度が線形に変化する傾斜磁場を発生させる x 方向傾斜磁場メインコイル 3 x と、y 軸方向に磁場強度が線形に変化する傾斜磁場を発生させる y 方向傾斜磁場メインコイル 3 y と、を有している。z 方向傾斜磁場メインコイル 3 z と x 方向傾斜磁場メインコイル 3 x と y 方向傾斜磁場メインコイル 3 y とのそれぞれに、順番にパルス状の電流を印加することで、対応するそれぞれの方向に傾斜した傾斜磁場を発生させ、磁気共鳴信号に被検体 7 内の位置情報を付与することができる。

[0015] 傾斜磁場シールドコイル 4 は、z 方向傾斜磁場メインコイル 3 z が発生させる漏れ磁場を抑制する z 方向傾斜磁場シールドコイル 4 z と、x 方向傾斜磁場メインコイル 3 x が発生させる漏れ磁場を抑制する x 方向傾斜磁場シールドコイル 4 x と、y 方向傾斜磁場メインコイル 3 y が発生させる漏れ磁場を抑制する y 方向傾斜磁場シールドコイル 4 y と、を有している。傾斜磁場シールドコイル 4 (4 x、4 y、4 z) は、傾斜磁場メインコイル 3 (3 x、3 y、3 z) を覆うように設けられ、傾斜磁場メインコイル 3 (3 x、3 y、3 z) が発生させた漏れ磁場が外部に漏れるのを抑制する。

[0016] 図 3 に、本発明の第 1 の実施形態に係る MRI 装置 1 を中心軸 3 5 (z 軸) を含む y z 平面で切断した断面図を示す。この MRI 装置 1 は、撮像空間

9に形成される静磁場12の向きが水平方向（z軸方向）である水平磁場型のMR装置である。また、前記したように互いに直角になるようにx軸とy軸とz軸を設定し、原点は撮像空間9の中心すなわち中空円筒型容器である真空容器5eの中心付近に設定している。静磁場コイル装置5には、 $z=0$ 面（x軸とy軸を含むxy平面）に対して左右（ $z<0$ と $z>0$ の部分）で対を成すように、静磁場メインコイル5aと、静磁場の周囲への漏れを抑制する静磁場シールドコイル5bが設けられている。これらのコイル5a、5bはそれぞれ、z軸を共通の中心軸35とする円環形状をしている。静磁場メインコイル5aの外径より、静磁場シールドコイル5bの内径の方が大きくなっている。また、これらのコイル5a、5bには、超伝導コイルを利用することが多く、その場合、コイル5a、5bは、3層構造の容器内に収納されることになる。まず、コイル5a、5bは、冷媒の液体ヘリウム（He）と共にヘリウム容器5c内に収容される。ヘリウム容器5cは内部への熱輻射を遮断する輻射シールド5dに内包されている。そして、中空円筒型容器である真空容器5eは、ヘリウム容器5c及び輻射シールド5dを収容しつつ、内部を真空に保持している。真空容器5eは、普通の室温の室内に配置されても、真空容器5e内が真空になっているので、室内の熱が伝導や対流で、ヘリウム容器5cに伝わることはない。また、輻射シールド5dは、室内の熱が輻射によって真空容器5eからヘリウム容器5cに伝わることを抑制している。このため、コイル5a、5bは、液体ヘリウムの温度である極低温に安定して設定することができ、超伝導電磁石として機能させることができる。ヘリウム容器5cと、輻射シールド5dと、真空容器5eには、不必要な磁場が発生しないように非磁性の部材が用いられ、さらに、真空を保持しやすいことから非磁性の金属が用いられる。なお、ヘリウム容器5cと、輻射シールド5dと、真空容器5eでは、傾斜磁場メインコイル3で発生する漏れ磁場が、傾斜磁場シールドコイル4によってシールドされて、到達し難いので、渦電流は発生し難い状況にある。静磁場コイル装置5は、撮像空間9に、傾斜磁場11に重ねて、静磁場12を発生させる。

[0017] 傾斜磁場コイル装置 2 は筒状の形状を有し、RF コイル 6 と撮像空間 9 を内蔵するように配置されている。傾斜磁場コイル装置 2 の外筒壁は、中空円筒型容器である真空容器 5 e の内筒壁に沿い対向するように形成されている。傾斜磁場コイル装置 2 は、z 方向傾斜磁場メインコイル 3 z と、x 方向傾斜磁場メインコイル 3 x と、y 方向傾斜磁場メインコイル 3 y と、を有するが、図 3 の例では、y 方向傾斜磁場メインコイル 3 y が、y 軸方向に磁場強度が線形に変化する傾斜磁場 1 1 を発生させている様子を示している。RF コイル 6 も筒状の形状を有し、撮像空間 9 を内蔵するように配置されている。RF コイル 6 の外筒壁は、傾斜磁場コイル装置 2 の内筒壁に沿い対向するように形成されている。

[0018] 図 1 に、y 方向傾斜磁場メインコイル 3 y の斜視図を示す。y 方向傾斜磁場メインコイル 3 y は、順コイル 3 a (3 1、3 2) と、中央面 3 c を挟むように順コイル 3 a (3 1、3 2) に対向する逆コイル 3 b (3 3、3 4) と、を有している。逆コイル 3 b (3 3、3 4) には、順コイル 3 a (3 1、3 2) とは逆方向の電流が流されることで、中央面 3 c の周辺の撮像空間 9 に y 方向に磁場強度が傾斜した傾斜磁場を発生させることができる。中央面 3 c は、 $z = 0$ 面 (x 軸と y 軸を含む x y 平面) に一致するように配置できる。

[0019] 前記順コイル 3 a は、第 1 順コイル 3 1 と、中央面 3 c に対して第 1 順コイル 3 1 の側に配置され、第 1 順コイル 3 1 に対向する第 2 順コイル 3 2 と、を有する。前記逆コイル 3 b は、中央面 3 c に対して第 1 順コイル 3 1 の反対側に配置される第 1 逆コイル 3 3 と、中央面 3 c に対して第 1 逆コイル 3 3 の側に配置され、第 1 逆コイル 3 3 に対向する第 2 逆コイル 3 4 と、を有する。第 1 順コイル 3 1 と、第 2 順コイル 3 2 と、第 1 逆コイル 3 3 と、第 2 逆コイル 3 4 とは、筒状に沿う形で形成された渦巻状の鞍型コイルである。なお、第 1 順コイル 3 1 と第 2 順コイル 3 2 と第 1 逆コイル 3 3 と第 2 逆コイル 3 4 とが沿う筒の中心軸に垂直な断面形状は、円形に限らず、楕円形状や、レーストラック形状であってもよい。楕円形状や、レーストラック

形状にすることで、 y 方向傾斜磁場メインコイル 3 y の x 方向の幅を、 y 方向の幅より広くすることができる。被検体 7 の肩幅の方向になる x 方向の幅を広くすることができるので、被検体 7 は自然な姿勢で撮像空間 9 に入ることができる。

[0020] 図 1 に示すように、第 1 順コイル 3 1 のコイルパターンは、コイル線 3 7 a とコイル線 3 7 b とコイル線 3 7 c とコイル線 3 7 d とが、この順に内側に配置された複数ターン（図 1 の例では 4 ターン）の渦巻状パターンである。第 2 順コイル 3 2 のコイルパターンは、図 1 での記載を省略したが、 $y = 0$ 面（ z 軸と x 軸を含む $z-x$ 平面）を対称面とする、第 1 順コイル 3 1 のコイルパターンに略面对称になっている。第 1 逆コイル 3 3 のコイルパターンは、図 1 での記載を省略したが、 $z = 0$ 面（ x 軸と y 軸を含む $x-y$ 平面）を対称面とする、第 1 順コイル 3 1 のコイルパターンに略面对称になっている。第 2 逆コイル 3 4 のコイルパターンは、図 1 での記載を省略したが、 $y = 0$ 面（ z 軸と x 軸を含む $z-x$ 平面）を対称面とする、第 1 逆コイル 3 3 のコイルパターンに略面对称になっている。すなわち、第 1 順コイル 3 1 のコイルパターンから、第 2 順コイル 3 2 と第 1 逆コイル 3 3 と第 2 逆コイル 3 4 のコイルパターンを類推することができる。なお、第 1 順コイル 3 1 と、第 2 順コイル 3 2 と、第 1 逆コイル 3 3 と、第 2 逆コイル 3 4 とは、薄く形成するために、銅（Cu）またはアルミニウム（Al）などの良導体の板を渦巻状のコイル線に切り抜いて製作されている。渦巻状に切り抜く手法としては、エッチング、ウォータージェット、パンチングによる切断などの手法を用いることができる。所望の傾斜磁場を形成するように最適設計された電流分布をもとに、要求される最大電流値毎に切り抜かれ分割された領域を導体領域とするように加工される。切り抜かれたコイル線は、筒（トンネル）の形状に合わせてロール曲げ加工され、鞍型コイルに形成される。

[0021] 後記では、第 1 順コイル 3 1 のコイルパターンについて詳細に説明する。第 1 順コイル 3 1 は、中央面 3 c に近接する中央領域 3 d と、中央面 3 c からの距離が中央領域 3 d より大きい中央外領域 3 e と、を有している。渦巻

状の第1順コイル31は、最も内側のコイル線37dの更に内側に、渦中心36を有している。渦中心36は、中央外領域3eに設けられる。中央領域3dは、渦中心36より、中央面3cの近くに配置されている。外側のコイル線37a、37bは、中央領域3dと中央外領域3eの両方にわたって配置され、コイル線37a、37bの内側のコイル線37c、37dは、中央外領域3eに配置されている。中央領域3dにおけるコイル線37a、37bは、中央面3cに沿って設けられている。

[0022] 中央領域3dにおけるコイル線37a、37bの線幅 L_1 は、中央外領域3eにおけるコイル線37a、37b、37c、37dの線幅 L_2 より狭くなっている($L_1 < L_2$)。中央領域3dにおけるコイル線37a、37bの間の間隔 S_1 は、中央外領域3eにおけるコイル線37a、37b、37c、37dの間の間隔 S_2 より広くなっている($S_1 > S_2$)。中央領域3dにおけるコイル線37a、37bの線幅 L_1 は、中央領域3dにおけるコイル線37a、37bの間の間隔 S_1 より狭くなっている($L_1 < S_1$)。中央外領域3eにおけるコイル線37a、37b、37c、37dの線幅 L_2 は、中央外領域3eにおけるコイル線37a、37b、37c、37dの間の間隔 S_2 より広くなっている($L_2 > S_2$)。

[0023] 中央領域3dと中央外領域3eの境界は、境界面3fで仕切られている。境界面3fは、 $z = D_1$ 面($z = 0$ 面から距離 D_1 だけ離れた $x y$ 平面)に一致するように配置できる。境界面3fは、中央面3cと平行になっている。外側のコイル線37a、37bは、中央領域3dと中央外領域3eの境界面3fを通り貫けている。外側のコイル線37a、37bは、境界面3fの付近で、20度以上160度以下の範囲のテーパ角(傾斜角) θ を持つテーパ(傾斜部)38を有する。これによれば、コイル線37a、37bの線幅を急峻に狭めることができる。テーパ角 θ は、30度以上120度以下の範囲内であることが好ましい。テーパ38では、外側のコイル線37a、37bの線幅は、中央外領域3eから中央領域3dへ移る際に徐々に狭くなる。一方、コイル線37a、37bの内側のコイル線37c、37dは、境界面

3 f から離れている。

[0024] 図4に、y方向傾斜磁場メインコイル3 y およびy方向傾斜磁場シールドコイル4 y の電流通電により発生する磁場（傾斜磁場を含む）のy z 平面上の磁力線1 5 及び磁束密度y成分1 7の分布図を示す。撮像空間9にはz方向の磁場強度が一次の勾配を有する傾斜磁場1 1が生成している。y方向傾斜磁場メインコイル3 yには鎖交する磁場（y方向傾斜磁場メインコイル3 y上のy方向の磁束密度1 7）が存在し、渦中心3 6の位置でそのy方向の磁束密度1 7が極大となり、その渦中心3 6から離れるほどy方向の磁束密度1 7は減少する。そして、その渦中心3 6から離れるに伴い、z座標の絶対値が大きくなるときは、y方向の磁束密度1 7は減少するが、y方向の磁場方向は反転していない。一方、その渦中心3 6から離れるに伴い、z座標の絶対値が小さくなるときは、y方向の磁束密度1 7が減少し、さらに、y方向の磁場方向が反転している。すなわち、撮像空間9に所望の精度の傾斜磁場1 1を生成し、コイル起磁力を最小化するように設計すると、渦中心3 6の位置に生じるy方向の磁場の向きに比べ逆向きのy方向（y方向における正負の方向が反転した逆方向）の磁場が、z=0面（x軸とy軸を含むx y平面）の近傍で生成する場合がある。そして、この逆向きの磁場は、中央領域3 d内で発生している。

[0025] 図5に、比較例のy方向傾斜磁場メインコイル3 yの斜視図を示す。比較例のy方向傾斜磁場メインコイル3 yも、第1の実施形態のy方向傾斜磁場メインコイル3 yと同様に、図4に示したと同じパターンの磁力線1 5及び同じパターンの磁束密度y成分1 7の分布を発生させることができる。比較例のy方向傾斜磁場メインコイル3 yが、第1の実施形態のy方向傾斜磁場メインコイル3 yと異なっている点は、コイル線3 7 a 0、3 7 b 0、3 7 c 0、3 7 d 0の線幅L 1 0、L 2 0が、渦中心3 6から何巻き目か、中央面3 c側か否かによらず、略一定で（L 1 0=L 2 0）、幅広になっている。また、コイル線3 7 a 0、3 7 b 0、3 7 c 0、3 7 d 0の線間の間隔S 1 0、S 2 0が、渦中心3 6から何巻き目か、中央面3 c側か否かによらず

、略一定で ($S10 = S20$)、狭くなっている。これらにより、比較例の y 方向傾斜磁場メインコイル 3 y のコイル線 37 a 0、37 b 0、37 c 0、37 d 0 には、図 5 に示すように渦電流 14 が生成する。渦中心 36 の周辺、および、 y 方向傾斜磁場メインコイル 3 y の外形をなす筒の z 方向の外側では、その筒の y 方向の外側から見て時計回りの渦電流 14 が生成している。一方、中央面 3 c に近い領域 (図 4 の中央領域 3 d に相当) では、図 4 の前記逆向きの磁場に対応して、反時計回りの渦電流 14 が生成する。

[0026] 図 6 に、比較例の y 方向傾斜磁場メインコイル 3 y および y 方向傾斜磁場シールドコイル 4 y の電流通電により発生する磁場により自身の y 方向傾斜磁場メインコイル 3 y のコイル導体に生じる渦電流 14 により発生する磁場 (渦電流磁場) の y z 平面上の磁力線 16 の分布図を示す。渦中心 36 の周辺に生じる磁力線 16 は、本数も多く支配的であるが、方向が逆で図 4 の磁力線 15 の分布に似ている。よって、この渦電流磁場 (磁力線 16) は傾斜磁場補正パルスで補償可能である。一方、前記反時計回りの渦電流 14 は、磁力線 16 とは方向が反対方向の渦電流磁場 (磁力線 16 a) を、 $z = 0$ 面 (x 軸と y 軸を含む x y 平面) の付近に生成する。この反対方向の磁場 (磁力線 16 a) は、傾斜磁場補正パルスでは補償することができない。

[0027] 図 7 に、本発明の第 1 の実施形態の y 方向傾斜磁場メインコイル 3 y および y 方向傾斜磁場シールドコイル 4 y の電流通電により発生する磁場により自身の y 方向傾斜磁場メインコイル 3 y のコイル導体に生じる渦電流 14 により発生する渦電流磁場の y z 平面上の磁力線 16 の分布図を示す。図 7 の磁力線 16 の分布図からは、図 6 の前記反対方向の渦電流磁場 (磁力線 16 a) が消えている。傾斜磁場補正パルスでは補償することができない前記反対方向の渦電流磁場 (磁力線 16 a) を消すことができるので、傾斜磁場補正パルスで補償された高精度な傾斜磁場を提供することができる。前記反対方向の渦電流磁場 (磁力線 16 a) が消せたのは、前記反対方向の渦電流磁場 (磁力線 16 a) が発生する中央領域 3 d において、その発生源である前記反時計回りの渦電流 14 (図 5 参照) の発生を抑制しているからである。

そして、前記反時計回りの渦電流 14 の抑制は、中央領域 3 d におけるコイル線 37 a、37 b の線幅を狭め、それらの間の間隔を広げることで行うことができる。

[0028] 図 8 A に、図 6 と図 7 の A - A' 間の線分上の渦電流により発生する磁場（渦電流磁場）の z 成分の磁束密度（実線：本発明（図 7）、破線：比較例（図 6））の分布図を示す。破線に示すように、比較例の渦電流磁場は、 $z = 0$ を対称軸として線対称に分布する高次の偶数次成分（2 次、4 次等の成分）の磁場が分布している。この偶数次成分の磁場は傾斜磁場補正パルス（一次成分を有する）で補償できないため、誤差磁場として残る。よって、この高次の偶数次成分の磁場は、予め小さくする必要がある。一方、本発明の第 1 の実施形態の渦電流磁場は、z 成分の磁場強度が一定であり、一次成分の磁場も高次の偶数次成分の磁場も分布していない。このため、高精度の傾斜磁場を発生させることができる。そして、たとえば、外部装置から一次成分の磁場が印加されたとしても、傾斜磁場補正パルスで補償すれば、誤差磁場が残らずキャンセルすることができ、高精度の傾斜磁場を発生させることができる。

[0029] 図 8 B に、図 8 A の a 点における渦電流により発生する磁場（渦電流磁場）の z 成分の磁束密度のパルス波形（実線：本発明、破線：比較例）を示す。これより、実線で示す本発明の第 1 の実施形態のパルス波形は、波形がほとんど歪んでいない。一方、破線で示す比較例のパルス波形は、第 1 の実施形態のパルス波形に比べて歪んでいる。渦電流の減衰時定数が大きいと、パルス間の時間間隔 T の間に、渦電流磁場が十分に減衰されきらずに、時間を追うごとに誤差が蓄積されるため、減衰時定数を小さくする必要がある。そこで、第 1 の実施形態では、中央領域 3 d 内のコイル線 37 a、37 b を狭くすることで、誘導起電力を小さくし、渦電流を小さくしている。そして、中央領域 3 d 内のコイル線 37 a、37 b が狭まることで、電気抵抗を大きくし、減衰時定数を小さくしている。

[0030] なお、y 方向傾斜磁場メインコイル 3 y について、中央領域 3 d 内のコイ

ル線 3 7 a、3 7 b を狭くすることを説明したが、y 方向傾斜磁場シールドコイル 4 y（図 2 参照）等の傾斜磁場シールドコイル 4 は、この限りでない。傾斜磁場シールドコイル 4（y 方向傾斜磁場シールドコイル 4 y）は磁気遮蔽をしているため、図 4 に示すように、y 方向傾斜磁場シールドコイル 4 y に鎖交する磁場（磁力線 1 5）は、y 方向傾斜磁場メインコイル 3 y に比べほとんどない。よって、渦電流は、傾斜磁場シールドコイル 4（y 方向傾斜磁場シールドコイル 4 y）ではほとんど発生せず、渦電流磁場もほとんど発生しないからである。

[0031] 一方、x 方向傾斜磁場メインコイル 3 x（図 2 参照）については、y 方向傾斜磁場メインコイル 3 y と同様に、中央領域 3 d 内のコイル線を狭くすることが好ましい。x 方向傾斜磁場メインコイル 3 x は、y 方向傾斜磁場メインコイル 3 y を、z 軸の回りに 90 度回転させ、半径方向に拡大あるいは縮小させ y 方向傾斜磁場メインコイル 3 y に重ねることが可能な構造をしている。この x 方向傾斜磁場メインコイル 3 x によっても、図 4 と図 7 の磁力線 1 5、1 6 の分布図の y 軸を、x 軸に書き換えたような磁力線 1 5、1 6 の分布を得ることができ、渦電流の発生抑制等に関し、y 方向傾斜磁場メインコイル 3 y と同様の効果を得ることができる。

[0032] また、中央領域 3 d におけるコイル線の線幅 L 1 は、撮像空間 9 に作る渦電流磁場を従来の $1/2$ 以下とする場合、従来の $1/2$ 以下とするのが望ましく、中央外領域 3 e におけるコイル線の線幅 L 2 の $1/2$ 以下とするのが望ましい。これは、渦電流磁場のソースとなるコイル導体面内に流れる渦電流の磁気モーメントが線幅 L 1 に比例するためである。

[0033] また、中央領域 3 d の中央面 3 c からの距離 D 1 は、渦中心 3 6 の位置に生じる y 方向の磁場 1 7（図 4 参照）の向きに比べ逆向きの磁場 1 7（図 4 参照）が生成する範囲とするのが望ましい。例えば、中央領域 3 d の中央面 3 c からの距離 D 1 が、略球状の撮像空間 9 の半径 R と略等しくなるように構成する（ $D 1 = R$ ）。この逆向きの磁場 1 7 が高次の偶数次成分の渦電流磁場を生成するためである。

[0034] (第2の実施形態)

図9に、本発明の第2の実施形態のy方向傾斜磁場メインコイル3yの斜視図を示す。第2の実施形態のy方向傾斜磁場メインコイル3yが、第1の実施形態のy方向傾斜磁場メインコイル3yと異なっている点は、中央領域3dにおけるコイル線37a、37bには、隣接するコイル線の方に伸びるフィン39が設けられている点である。フィン39は、それが設けられたコイル線37a、37bの延在する方向に垂直な方向のスリット39aによって分割されている。具体的には、中央領域3d内のコイル線37a、37bの線幅を狭くするために、単に線幅を狭めるのではなく、コイル線37a、37bを流れる電流の向き（コイル線37a、37bの延在する方向）に対して垂直な方向のスリット39aを入れ、隣り合うスリット39aの間隔をコイル線37a、37bの幅程度かそれより短くする。そして、フィン39内に電流が入り込まないようにする。電流の流れる領域が狭まることで、前記電気抵抗を大きくし、前記減衰時定数を短くしている。電流の流れる領域を単に狭めると発熱量は増大する。しかし、電流の向きに垂直に入れたスリット39a間のフィン39によって、発熱した熱を熱伝導により放出でき、急激な温度上昇を抑えることができる。

[0035] (第3の実施形態)

図10に、本発明の第3の実施形態のz方向傾斜磁場メインコイル3zの斜視図を示す。z方向傾斜磁場メインコイル3zは、順コイル3aと、中央面3cを挟むように順コイル3aに対向する逆コイル3bと、を有している。順コイル3aと、逆コイル3bとは、筒状に沿う形で形成された螺旋状コイルである。なお、順コイル3aと、逆コイル3bとが沿う筒の中心軸に垂直な断面形状は、円形に限らず、楕円形状や、レーストラック形状であってもよい。楕円形状や、レーストラック形状にすることで、z方向傾斜磁場メインコイル3zのx方向の径の幅を、y方向の径の幅より広げることができる。被検体7の肩幅の方向になるx方向の径の幅を広くすることができるので、被検体7は自然な姿勢で撮像空間9に入ることができる。順コイル3

aと逆コイル3bには、互いに逆方向の電流が流されることで、中央面3cの周辺の撮像空間9にz方向に磁場強度が傾斜した傾斜磁場を発生させることができる。中央面3cは、 $z=0$ 面（x軸とy軸を含むxy平面）に一致するように配置できる。

[0036] 図10に示すように、順コイル3aのコイルパターンは、螺旋状パターンである。逆コイル3bのコイルパターンは、図10での記載を省略したが、 $z=0$ 面（x軸とy軸を含むxy平面）を対称面とする、順コイル3aのコイルパターンに略面对称になっている。すなわち、順コイル3aのコイルパターンから、逆コイル3bのコイルパターンを類推することができる。なお、順コイル3aと、逆コイル3bとは、薄く形成するために、銅（Cu）またはアルミニウム（Al）などの良導体の筒を螺旋状のコイル線に切り抜いて製作されている。螺旋状に切り抜く手法としては、エッチング、ウォータージェット、パンチングによる切断などの手法を用いることができる。所望の傾斜磁場を形成するように最適設計された電流分布をもとに、要求される最大電流値毎に切り抜かれ分割された領域を導体領域とするように加工される。

[0037] 順コイル3aは、中央面3cに近接する中央領域3dと、中央面3cからの距離が中央領域3dより大きい中央外領域3eと、を有している。逆コイル3b側のコイル線37a、37bは、中央領域3dに配置され、コイル線37a、37bを挟んで逆コイル3bの反対側のコイル線37c～37iは、中央外領域3eに配置されている。コイル線37a～37iは、中央面3cに沿って設けられている。

[0038] 中央領域3dにあるコイル線37a、37bの線幅 L_1 は、中央外領域3eにあるコイル線37c～37iの線幅 L_2 より狭くなっている（ $L_1 < L_2$ ）。中央領域3dにおける隣接するコイル線37a、37bの間の間隔 S_1 は、中央外領域3eにおける隣接するコイル線37c～37iの間の間隔 S_2 より広がっている（ $S_1 > S_2$ ）。中央領域3dにあるコイル線37a、37bの線幅 L_1 は、中央領域3dにおけるコイル線37a、37bの

間の間隔 S_1 より狭くなっている ($L_1 < S_1$)。中央外領域 3 e にあるコイル線 3 7 c ~ 3 7 i の線幅 L_2 は、中央外領域 3 e における隣接するコイル線 3 7 c ~ 3 7 i の間の間隔 S_2 より広くなっている ($L_2 > S_2$)。

[0039] 中央領域 3 d と中央外領域 3 e の境界は、境界面 3 f で仕切られている。境界面 3 f は、 $z = D_1$ 面 ($z = 0$ 面から距離 D_1 だけ離れた $x y$ 平面) に一致するように配置できる。距離 D_1 は、略球状の撮像空間 9 の半径 R に略等しくなっている ($D_1 = R$)。境界面 3 f は、中央面 3 c と平行になっている。コイル線 3 7 b とコイル線 3 7 c とは、渡り線であるテーパ 3 8 で接続されている。テーパ 3 8 は、中央領域 3 d と中央外領域 3 e の境界面 3 f を通り貫けている。テーパ 3 8 は、境界面 3 f の付近に設けられている。テーパ 3 8 は、5 度以上 120 度以下の範囲のテーパ角 θ を持っている。テーパ 3 8 では、線幅が、中央外領域 3 e から中央領域 3 d へ移る際に徐々に狭くなる。コイル線 3 7 a ~ 3 7 i は、境界面 3 f から離れている。第 3 の実施形態によっても、中央領域 3 d 内のコイル線 3 7 a、3 7 b の幅を狭くすることができるので、第 1 の実施形態と同様に、渦電流を小さくすることができる。そして、中央領域 3 d 内のコイル線 3 7 a、3 7 b が狭まることで前記電気抵抗が大きくなり、前記減衰時定数を短くすることができる。

[0040] (第 4 の実施形態)

図 11 に、本発明の第 4 の実施形態に係る MRI 装置 1 の斜視図を示す。図 3 に示した第 1 の実施形態に係る MRI 装置 1 は静磁場 12 の向きが水平方向である水平磁場型 MRI 装置であったのに対し、図 11 に示す第 4 の実施形態に係る MRI 装置 1 は静磁場 12 の向きが垂直方向である垂直磁場型 MRI 装置になっている。MRI 装置 1 は、ベッド 8 に横たわった被検体 7 が挿入される撮像空間 9 に対して上下から挟むように配置され、撮像空間 9 に均一な静磁場 12 を生成する上下一対の静磁場コイル装置 5 と、この上下一対の静磁場コイル装置 5 を離間して支持する連結柱 13 と、撮像空間 9 に位置情報を付与するために空間的に磁場強度が傾斜勾配した傾斜磁場をパルス状に発生させる傾斜磁場コイル装置 2 と、撮像空間 9 に挿入された被検体

7に高周波パルスを照射するRFコイル6と、被検体7からの磁気共鳴信号を受信する受信コイル（図示省略）と、受信した磁気共鳴信号を処理して被検体7の断面画像を表示するコンピュータシステム（図示省略）と、を有している。上下一対の静磁場コイル装置5と、傾斜磁場コイル装置2と、RFコイル6とは、中心軸35を共通の軸とする円板（円柱）形状をしている。被検体7は可動式のベッド8によって撮像空間9まで運ばれるが、上下一対の静磁場コイル装置5をつなぐのは細い連結柱13のみであるので、被検体7は周囲を見渡せ閉所感を軽減することができる。また、中心軸35と平行な鉛直方向にz軸を設定し、水平方向で互いに直角になるようにx軸とy軸とを設定している。

[0041] 図12に、本発明の第4の実施形態に係るMRI装置1を中心軸35（z軸）を含むyz平面で切断した断面図を示す。上下一対の静磁場コイル装置5には、上下一対の静磁場メインコイル5aと、上下一対の静磁場シールドコイル5bとが用いられている。上下一対の静磁場メインコイル5aと上下一対の静磁場シールドコイル5bはそれぞれ、前記中心軸35を軸とする円環形状をしている。また、上下一対の静磁場メインコイル5aと上下一対の静磁場シールドコイル5bは、第1の実施形態と同様に、ヘリウム容器5cと輻射シールド5dと真空容器5eとからなる3層構造の容器内に収納されている。

[0042] 傾斜磁場コイル装置2も上下一対有し、上下一対の傾斜磁場コイル装置2は、撮像空間9を挟んで上下に配置されている。RFコイル6も上下一対有し、上下一対のRFコイル6は、撮像空間9を挟んで上下に配置されている。被検体7はベッド8に横たわり、上下に分かれたRFコイル6の間に挿入される。傾斜磁場コイル装置2は平行平面のそれぞれの上に形成された一対の平板状のコイルで、撮像空間9付近にできる真空容器5eのくぼみ内に納められる。RFコイル6は傾斜磁場コイル装置2の撮像空間9側に設置される。上下一対の傾斜磁場コイル装置2は、静磁場12と同じ方向の磁場であるが、任意の方向に磁場強度が傾斜した傾斜磁場11をパルス状に発生させ

る。通常、静磁場 1 2 の方向を z 軸として z 軸と直交する 2 方向に x 軸と y 軸をとり、傾斜磁場コイル装置 2 は、x 軸方向、y 軸方向、z 軸方向の 3 方向に独立な傾斜磁場 1 1 を、静磁場 1 2 に重ねて発生できるような機能を持っている。

[0043] 傾斜磁場コイル装置 2 は一対の円板状の形状を有し、その一対の円板で RF コイル 6 と撮像空間 9 を挟むように配置されている。傾斜磁場コイル装置 2 は、z 方向傾斜磁場メインコイル 3 z と、x 方向傾斜磁場メインコイル 3 x と、y 方向傾斜磁場メインコイル 3 y と、を有するが、図 1 2 の例では、y 方向傾斜磁場メインコイル 3 y が、y 軸方向に磁場強度が線形に変化する傾斜磁場 1 1 を発生させている様子を示している。RF コイル 6 も一対の円板状の形状を有し、撮像空間 9 を挟むように配置されている。傾斜磁場コイル装置 2 は、傾斜磁場メインコイル 3 と傾斜磁場シールドコイル 4 を有している。傾斜磁場メインコイル 3 は、一対の板状の z 方向傾斜磁場メインコイル 3 z と、一対の板状の x 方向傾斜磁場メインコイル 3 x と、一対の板状の y 方向傾斜磁場メインコイル 3 y と、を有している。傾斜磁場シールドコイル 4 は、一対の板状の z 方向傾斜磁場シールドコイル 4 z と、一対の板状の x 方向傾斜磁場シールドコイル 4 x と、一対の板状の y 方向傾斜磁場シールドコイル 4 y と、を有している。

[0044] 図 1 3 に、本発明の第 4 の実施形態の y 方向傾斜磁場メインコイル 3 y の第 1 順コイル 3 1（第 2 順コイル 3 2）と第 1 逆コイル 3 3（第 2 逆コイル 3 4）の平面図を示す。上下一対の板状の y 方向傾斜磁場メインコイル 3 y は、対の上片側に、第 1 順コイル 3 1 と、第 1 逆コイル 3 3 を配置し、対の下片側に、第 2 順コイル 3 2 と、第 2 逆コイル 3 4 を配置している。第 1 順コイル 3 1 と第 1 逆コイル 3 3 は上側の平面上に配置され、第 2 順コイル 3 2 と第 2 逆コイル 3 4 は下側の平面上に配置され、コイル 3 1～3 4 は、平行平面上に配置されている。

[0045] 第 1 順コイル 3 1 と第 1 逆コイル 3 3 のそれぞれの外形が半円形になっている。そして、第 1 順コイル 3 1 と第 1 逆コイル 3 3 とで、外形が略円形に

なっている。第1順コイル31のコイルパターンは、コイル線37aとコイル線37bとコイル線37cとコイル線37dとコイル線37eとコイル線37fとが、この順に内側に配置された複数ターン（図13の例では6ターン）の渦巻状パターンである。第2順コイル32のコイルパターンは、 $z=0$ 面（ x 軸と y 軸を含む xy 平面）を対称面とする、第1順コイル31のコイルパターンに略面对称になっている。第1逆コイル33のコイルパターンは、図13での記載を省略したが、 $y=0$ 面（ z 軸と x 軸を含む zx 平面）を対称面とする、第1順コイル31のコイルパターンに略面对称になっている。第2逆コイル34のコイルパターンは、 $z=0$ 面（ x 軸と y 軸を含む xy 平面）を対称面とする、第1逆コイル33のコイルパターンに略面对称になっている。そして、第2順コイル32と第2逆コイル34のコイルパターンは、第1順コイル31と第1逆コイル33に対して略合同になっている。このように、第1順コイル31のコイルパターンから、第2順コイル32と第1逆コイル33と第2逆コイル34のコイルパターンを類推することができる。なお、第1順コイル31と、第2順コイル32と、第1逆コイル33と、第2逆コイル34とは、薄く形成するために、銅（Cu）またはアルミニウム（Al）などの良導体の板を渦巻状のコイル線に切り抜いて製作されている。渦巻状に切り抜く手法としては、エッチング、ウォータージェット、パンチングによる切断などの手法を用いることができる。所望の傾斜磁場を形成するように最適設計された電流分布をもとに、要求される最大電流値毎に切り抜かれ分割された領域を導体領域とするように加工される。そして、第2順コイル32に第1順コイル31に流す電流と同じ方向の電流を流し、第1逆コイル33と第2逆コイル34に第1順コイル31とは逆方向の電流を流すことにより、図12に示すような、 y 軸方向に磁場強度の傾斜した傾斜磁場11を、撮像空間9に発生させることができる。

[0046] 後記では、第1順コイル31のコイルパターンについて詳細に説明する。第1順コイル31は、中央面3cに近接する中央領域3dと、中央面3cからの距離が中央領域3dより大きい中央外領域3eと、を有している。中央

面 3 c は、 $y = 0$ 面（ z 軸と x 軸を含む $z x$ 平面）に設定することができる。渦巻状の第 1 順コイル 3 1 は、最も内側のコイル線 3 7 f の更に内側に、渦中心 3 6 を有している。渦中心 3 6 は、中央外領域 3 e に設けられる。中央領域 3 d は、渦中心 3 6 より、中央面 3 c の近くに配置されている。外側のコイル線 3 7 a、3 7 b、3 7 c は、中央領域 3 d と中央外領域 3 e の両方にわたって配置され、コイル線 3 7 a、3 7 b、3 7 c の内側のコイル線 3 7 d、3 7 e、3 7 f は、中央外領域 3 e に配置されている。中央領域 3 d におけるコイル線 3 7 a、3 7 b、3 7 c は、中央面 3 c に沿って設けられている。

[0047] 中央領域 3 d におけるコイル線 3 7 a、3 7 b、3 7 c の線幅 L_1 は、中央外領域 3 e におけるコイル線 3 7 a～3 7 f の線幅 L_2 より狭くなっている（ $L_1 < L_2$ ）。中央領域 3 d におけるコイル線 3 7 a、3 7 b、3 7 c の間の間隔 S_1 は、中央外領域 3 e における隣接するコイル線 3 7 a～3 7 f の間の間隔 S_2 より広くなっている（ $S_1 > S_2$ ）。中央領域 3 d におけるコイル線 3 7 a、3 7 b、3 7 c の線幅 L_1 は、中央領域 3 d におけるコイル線 3 7 a、3 7 b、3 7 c の間の間隔 S_1 より狭くなっている（ $L_1 < S_1$ ）。中央外領域 3 e におけるコイル線 3 7 a～3 7 f の線幅 L_2 は、中央外領域 3 e における隣接するコイル線 3 7 a～3 7 f の間の間隔 S_2 より広くなっている（ $L_2 > S_2$ ）。

[0048] 中央領域 3 d と中央外領域 3 e の境界は、境界面 3 f で仕切られている。境界面 3 f は、 $y = D_1$ 面（ $y = 0$ 面から距離 D_1 だけ離れた $z x$ 平面）に一致するように配置できる。距離 D_1 は、略球状の撮像空間 9 の半径 R に略等しくなっている（ $D_1 = R$ ）。境界面 3 f は、中央面 3 c と平行になっている。外側のコイル線 3 7 a、3 7 b、3 7 c は、中央領域 3 d と中央外領域 3 e の境界面 3 f を通り貫けている。外側のコイル線 3 7 a、3 7 b、3 7 c は、境界面 3 f の付近で、20 度以上 160 度以下の範囲のテーパ角 θ を持つテーパ 3 8 を有する。テーパ 3 8 では、外側のコイル線 3 7 a、3 7 b、3 7 c の線幅は、中央外領域 3 e から中央領域 3 d へ移る際に徐々に狭

くなる。一方、コイル線 37 a、37 b、37 c の内側のコイル線 37 d、37 e、37 f は、境界面 3 f から離れている。

[0049] また、x 方向傾斜磁場メインコイル 3 x（図 12 参照）については、y 方向傾斜磁場メインコイル 3 y と同様に、中央領域 3 d 内のコイル線を狭くすることが好ましい。x 方向傾斜磁場メインコイル 3 x は、y 方向傾斜磁場メインコイル 3 y を、z 軸の回りに 90 度回転した構造をしている。この x 方向傾斜磁場メインコイル 3 x によっても、渦電流の発生抑制等に関し、y 方向傾斜磁場メインコイル 3 y と同様に、第 1 の実施形態と同様の効果を得ることができる。

[0050]（第 5 の実施形態）

図 14 に、本発明の第 5 の実施形態の z 方向傾斜磁場メインコイル 3 z の順コイル 3 a（逆コイル 3 b）の平面図を示す。上下一対の板状の z 方向傾斜磁場メインコイル 3 z は、対の上片側に順コイル 3 a を配置し、対の下片側に逆コイル 3 b を配置している。順コイル 3 a は中央面（ $z = 0$ 面（x 軸と y 軸を含む x y 平面））の上側の平面上に配置され、逆コイル 3 b は中央面の下側の平面上に配置され、コイル 3 a、3 b は、中央面を挟むように平行平面上に配置されている。順コイル 3 a と逆コイル 3 b のそれぞれの外形が略円形になっている。順コイル 3 a のコイルパターンは、コイル線 37 a とコイル線 37 b とコイル線 37 c とコイル線 37 d とコイル線 37 e とコイル線 37 f とコイル線 37 g とコイル線 37 h とが、この順に内側に配置された複数ターン（図 14 の例では 8 ターン）の渦巻状パターンである。逆コイル 3 b のコイルパターンは、 $z = 0$ 面（x 軸と y 軸を含む x y 平面）を対称面とする、順コイル 3 a のコイルパターンに略面对称になっている。このように、順コイル 3 a のコイルパターンから、逆コイル 3 b のコイルパターンを類推することができる。なお、順コイル 3 a と、逆コイル 3 b とは、薄く形成するために、銅（Cu）またはアルミニウム（Al）などの良導体の板を渦巻状のコイル線に切り抜いて製作されている。渦巻状に切り抜く手法としては、エッチング、ウォータージェット、パンチングによる切断など

の手法を用いることができる。所望の傾斜磁場を形成するように最適設計された電流分布をもとに、要求される最大電流値毎に切り抜かれ分割された領域を導体領域とするように加工される。そして、逆コイル 3 b に順コイル 3 a とは逆方向の電流を流すことにより、z 軸方向に磁場強度の傾斜した傾斜磁場を、撮像空間 9 に発生させることができる。

[0051] 後記では、順コイル 3 a のコイルパターンについて詳細に説明する。順コイル 3 a は、順コイル 3 a の中心軸（z 軸）に近接する中央領域 3 d と、順コイル 3 a の中心軸（z 軸）からの距離が中央領域 3 d より大きい中央外領域 3 e と、を有している。渦巻状の順コイル 3 a は、最も内側のコイル線 3 7 h の更に内側に、渦中心 3 6 を有している。順コイル 3 a の中心軸（z 軸）上に、渦中心 3 6 が配置されている。渦中心 3 6 は、中央領域 3 d 内に設けられている。中央領域 3 d と中央外領域 3 e の境界は、境界面 3 f で仕切られている。境界面 3 f は、z 軸を中心軸とする円筒側面上に設けることができる。その円筒の半径は、略球状の撮像空間 9 の半径 R に略等しくなっている。コイル線 3 7 f とコイル線 3 7 g とは、渡り線であるテーパ 3 8 で接続されている。テーパ 3 8 は、中央領域 3 d と中央外領域 3 e の境界面 3 f を通り貫けている。テーパ 3 8 は、境界面 3 f の付近に設けられている。テーパ 3 8 は、5 度以上 120 度以下の範囲のテーパ角 θ を持っている。テーパ 3 8 では、線幅が、中央外領域 3 e から中央領域 3 d へ移る際に徐々に狭くなる。コイル線 3 7 a ~ 3 7 h は、境界面 3 f から離れている。外側のコイル線 3 7 a ~ 3 7 f は、中央外領域 3 e に配置され、コイル線 3 7 a ~ 3 7 f の内側のコイル線 3 7 g、3 7 h は、中央領域 3 d に配置されている。コイル線 3 7 g、3 7 h は、境界面 3 f に沿って設けられている。

[0052] 中央領域 3 d 内のコイル線 3 7 g、3 7 h の線幅 L_1 は、中央外領域 3 e 内のコイル線 3 7 a ~ 3 7 f の線幅 L_2 より狭くなっている（ $L_1 < L_2$ ）。中央領域 3 d 内のコイル線 3 7 g、3 7 h の間の間隔 S_1 は、中央外領域 3 e 内の隣接するコイル線 3 7 a ~ 3 7 f の間の間隔 S_2 より広くなっている（ $S_1 > S_2$ ）。中央領域 3 d 内のコイル線 3 7 g、3 7 h の線幅 L_1 は

、中央領域 3 d 内のコイル線 3 7 g、3 7 h の間の間隔 S_1 より狭くなっている ($L_1 < S_1$)。中央外領域 3 e 内のコイル線 3 7 a ~ 3 7 f の線幅 L_2 は、中央外領域 3 e 内の隣接するコイル線 3 7 a ~ 3 7 f の間の間隔 S_2 より広がっている ($L_2 > S_2$)。第 5 の実施形態によっても、中央領域 3 d 内のコイル線 3 7 g、3 7 h の幅を狭くすることができるので、第 1 の実施形態と同様に、渦電流を小さくすることができる。そして、中央領域 3 d 内のコイル線 3 7 g、3 7 h が狭まることで前記電気抵抗が大きくなり、前記減衰時定数を小さくすることができる。

[0053] なお、本発明は、前記した第 1 ~ 第 5 の実施形態に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、前記した第 1 ~ 第 5 の実施形態は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施形態の構成の一部を他の実施形態の構成に置き換えることも可能であり、また、ある実施形態の構成に他の実施形態の構成を加えることも可能である。また、各実施形態の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることも可能である。

符号の説明

- [0054]
- | | |
|---------------|---------------------|
| 1 | 磁気共鳴イメージング (MRI) 装置 |
| 2 | 傾斜磁場コイル装置 |
| 3、3 x、3 y、3 z | 傾斜磁場メインコイル |
| 3 a | 順コイル |
| 3 1 | 第 1 順コイル |
| 3 2 | 第 2 順コイル |
| 3 b | 逆コイル |
| 3 3 | 第 1 逆コイル |
| 3 4 | 第 2 逆コイル |
| 3 c | 中央面 |
| 3 d | 中央領域 |

- 3 e 中央外領域
- 3 f 中央領域と中央外領域との境界面
- 3 5 中心軸（z 軸）
- 3 6 渦中心
- 3 7 a、3 7 b、3 7 c、3 7 d、3 7 e、3 7 f、3 7 g、3 7 h コイル線
- 3 8 テーパ（傾斜部）
- 3 9 フィン
- 3 9 a スリット
- 5 静磁場コイル装置
- 9 撮像空間
- 1 1 傾斜磁場
- 1 4 渦電流
- L 1 中央領域におけるコイル線の線幅
- L 2 中央外領域におけるコイル線の線幅
- S 1 中央領域におけるコイル線間の間隔
- S 2 中央外領域におけるコイル線間の間隔
- R 撮像空間の半径
- D 1 境界面から中央面までの距離
- θ テーパ角（傾斜角）

請求の範囲

- [請求項1] 順コイルと、中央面を挟むように前記順コイルに対向し、前記順コイルとは逆方向の電流を流して、前記中央面の周辺に傾斜磁場を発生させる逆コイルと、を有し、
- 前記順コイルと前記逆コイルの少なくとも1つのコイルは、前記コイルの中心軸、又は、前記中央面に近接する中央領域と、前記コイルの中心軸、又は、前記中央面からの距離が前記中央領域より大きい中央外領域と、を有し、
- 前記中央領域における前記コイルのコイル線の線幅は、前記中央外領域における前記コイルのコイル線の線幅より狭い
- ことを特徴とする傾斜磁場コイル装置。
- [請求項2] 前記中央領域における前記コイル線間の間隔は、前記中央外領域における前記コイル線間の間隔より広い
- ことを特徴とする請求項1に記載の傾斜磁場コイル装置。
- [請求項3] 前記中央領域におけるコイル線の線幅は、前記中央外領域におけるコイル線の線幅の $1/2$ 以下である
- ことを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の傾斜磁場コイル装置。
- [請求項4] 前記コイルに前記電流を流して発生する前記コイルに鎖交する磁場の方向は、前記中央領域では、前記中央外領域の逆向きになっている
- ことを特徴とする請求項1に記載の傾斜磁場コイル装置。
- [請求項5] 前記中央領域と前記中央外領域の境界付近では、前記コイル線が、5度以上160度以下の範囲のテーパ角を持つテーパを有し、
- 前記コイル線の線幅は、前記中央外領域から前記中央領域へ移る際に前記テーパによって狭くなる
- ことを特徴とする請求項1に記載の傾斜磁場コイル装置。
- [請求項6] 前記中央領域におけるコイル線は、前記中央面に沿って設けられている

ことを特徴とする請求項 1 に記載の傾斜磁場コイル装置。

[請求項7] 前記中央領域における前記コイル線の線幅は、前記中央領域における前記コイル線間の間隔より狭く、

前記中央外領域における前記コイル線の線幅は、前記中央外領域における前記コイル線間の間隔より広い

ことを特徴とする請求項 1 に記載の傾斜磁場コイル装置。

[請求項8] 前記中央領域における前記コイル線には、隣接する前記コイル線の方向に伸びるフィンが設けられ、

前記フィンは、それが設けられた前記コイル線の方向に垂直な方向のスリットによって分割されている

ことを特徴とする請求項 1 に記載の傾斜磁場コイル装置。

[請求項9] 前記順コイルと前記逆コイルは、渦巻状コイルであって、
前記コイルの中心軸上に、前記渦巻状コイルの渦中心が配置され、
前記中央領域と前記中央外領域との境界面は、円筒側面上に配置され、

前記中央外領域内に、前記渦巻状コイルの渦中心が配置される

ことを特徴とする請求項 1 に記載の傾斜磁場コイル装置。

[請求項10] 前記順コイルと前記逆コイルは、渦巻状コイルであって、
前記中央領域は、前記渦巻状コイルの渦中心より、前記中央面の近くに配置され、

前記中央領域と前記中央外領域との境界面は、前記中央面と平行な平面上に配置される

ことを特徴とする請求項 1 に記載の傾斜磁場コイル装置。

[請求項11] 前記順コイルは、
第 1 順コイルと、
前記中央面に対して前記第 1 順コイルの側に配置され、前記第 1 順コイルに対向する第 2 順コイルと、を有し、
前記逆コイルは、

前記中央面に対して前記第 1 順コイルの反対側に配置される第 1 逆コイルと、

前記中央面に対して前記第 1 逆コイルの側に配置され、前記第 1 逆コイルに対向する第 2 逆コイルと、を有することを特徴とする請求項 10 に記載の傾斜磁場コイル装置。

[請求項12] 前記第 1 順コイルと、前記第 2 順コイルと、前記第 1 逆コイルと、前記第 2 逆コイルとは、筒状に沿う形で形成された鞍型コイルであることを特徴とする請求項 11 に記載の傾斜磁場コイル装置。

[請求項13] 前記第 1 順コイルと、前記第 2 順コイルと、前記第 1 逆コイルと、前記第 2 逆コイルとが沿う前記筒の中心軸に垂直な断面形状は、楕円形状又はレーストラック形状であることを特徴とする請求項 12 に記載の傾斜磁場コイル装置。

[請求項14] 前記第 1 順コイルと、前記第 2 順コイルと、前記第 1 逆コイルと、前記第 2 逆コイルとは、平行平面上に形成されていることを特徴とする請求項 11 に記載の傾斜磁場コイル装置。

[請求項15] 前記順コイルと前記逆コイルは、螺旋状コイルであって、前記中央領域と前記中央外領域との境界面は、前記中央面と平行な平面上に配置されることを特徴とする請求項 1 に記載の傾斜磁場コイル装置。

[請求項16] 前記順コイルと前記逆コイルのそれぞれが沿う筒の中心軸に垂直な断面形状は、楕円形状又はレーストラック形状であることを特徴とする請求項 15 に記載の傾斜磁場コイル装置。

[請求項17] 前記順コイルと前記逆コイルとを覆うように設けられ、前記順コイルと前記逆コイルが発生させた磁場が外部に漏れるのを抑制する傾斜磁場シールドコイルを有することを特徴とする請求項 1 に記載の傾斜磁場コイル装置。

[請求項18] 順コイルと、中央面を挟むように前記順コイルに対向し、前記順コイルとは逆方向の電流を流して、前記中央面の周辺に傾斜磁場を発生

させる逆コイルと、を有し、前記順コイルと前記逆コイルの少なくとも1つのコイルは、前記コイルの中心軸、又は、前記中央面に近接する中央領域と、前記コイルの中心軸、又は、前記中央面からの距離が前記中央領域より大きい中央外領域と、を有し、前記中央領域における前記コイルのコイル線の線幅は、前記中央外領域における前記コイルのコイル線の線幅より狭い傾斜磁場コイル装置と、

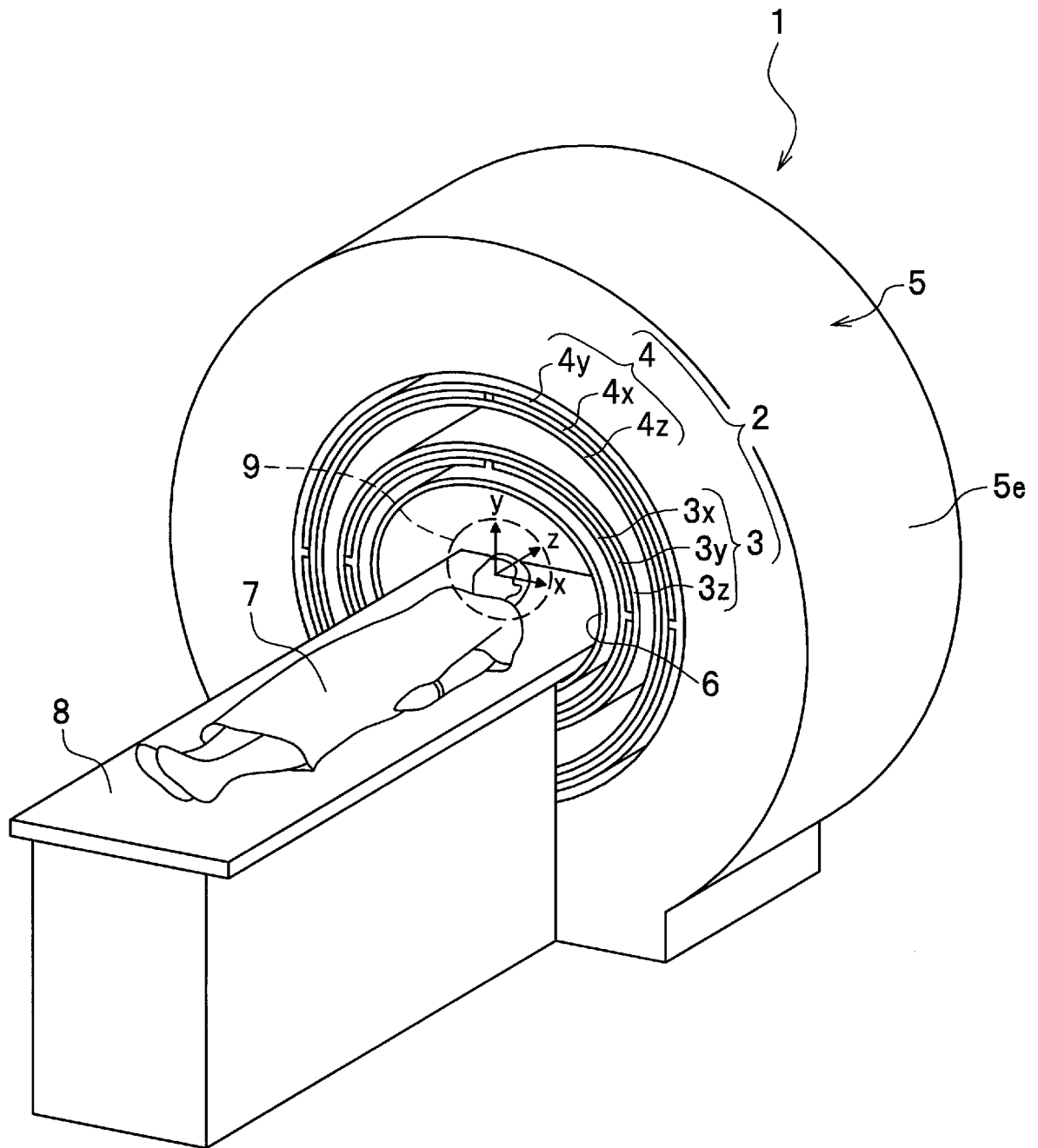
撮像空間に、前記傾斜磁場に重ねて、静磁場を発生させる静磁場コイル装置と、を有し、

前記撮像空間の半径は、前記中央領域と前記中央外領域との境界面から、前記中央面までの、又は、前記コイルの中心軸までの距離に、略等しい

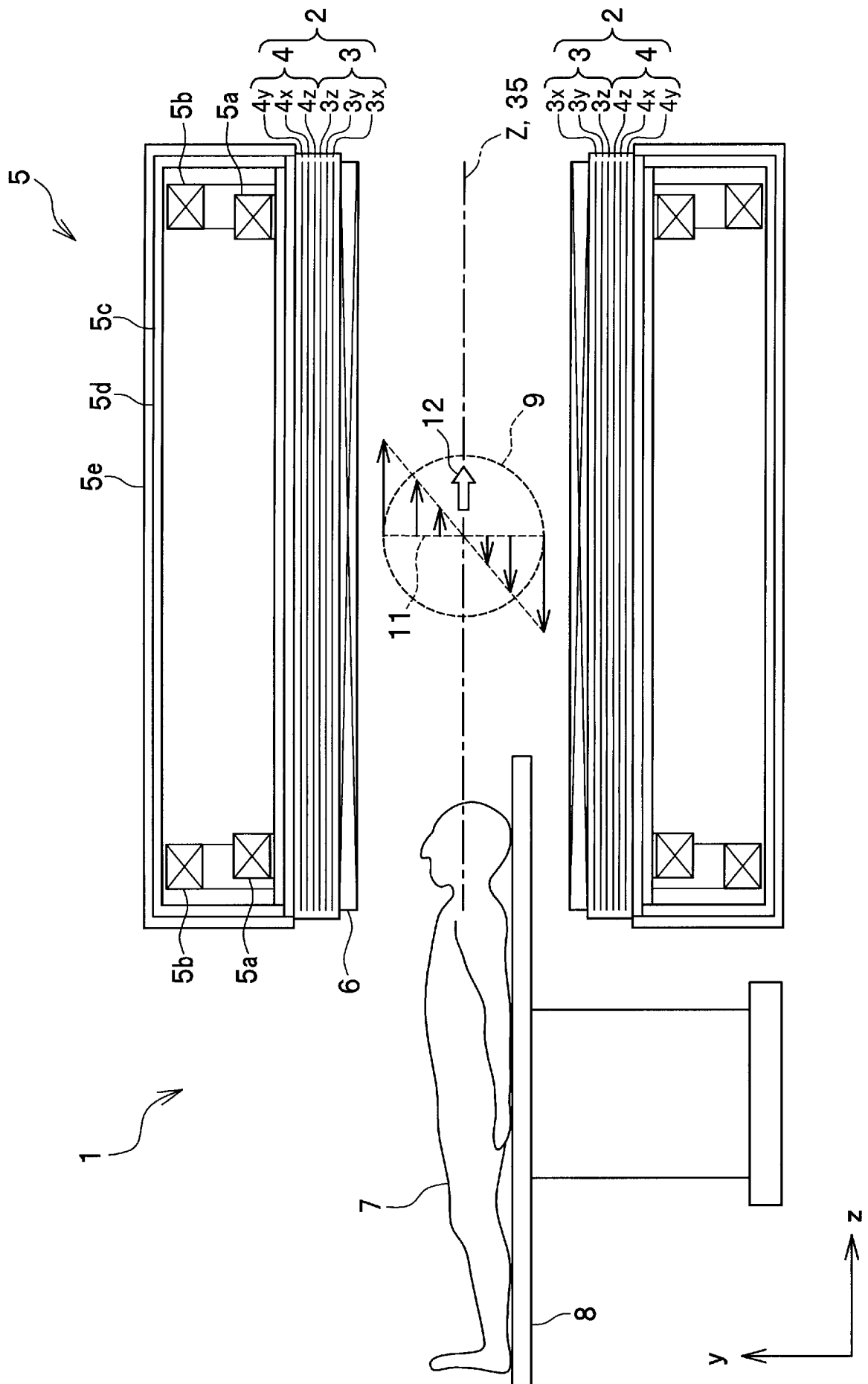
ことを特徴とする磁気共鳴イメージング装置。

The diagram illustrates a cross-sectional view of a device. At the center is a region 9, which contains two circular features labeled R. To the left of region 9 are regions 33 and 36, while to the right are regions 34 and 38. Regions 33 and 34 are filled with a stippled pattern. Regions 36 and 38 feature nested contour lines labeled 37a, 37b, 37c, and 37d. Several geometric parameters are defined: L1 and S1 represent horizontal distances on the left side; L2 and S2 represent horizontal distances on the right side; D1 is a vertical distance between dashed lines; R is the radius of the circular features; and θ indicates specific angular orientations. A coordinate system with X, Y, and Z axes is positioned at the bottom left corner.

[図2]

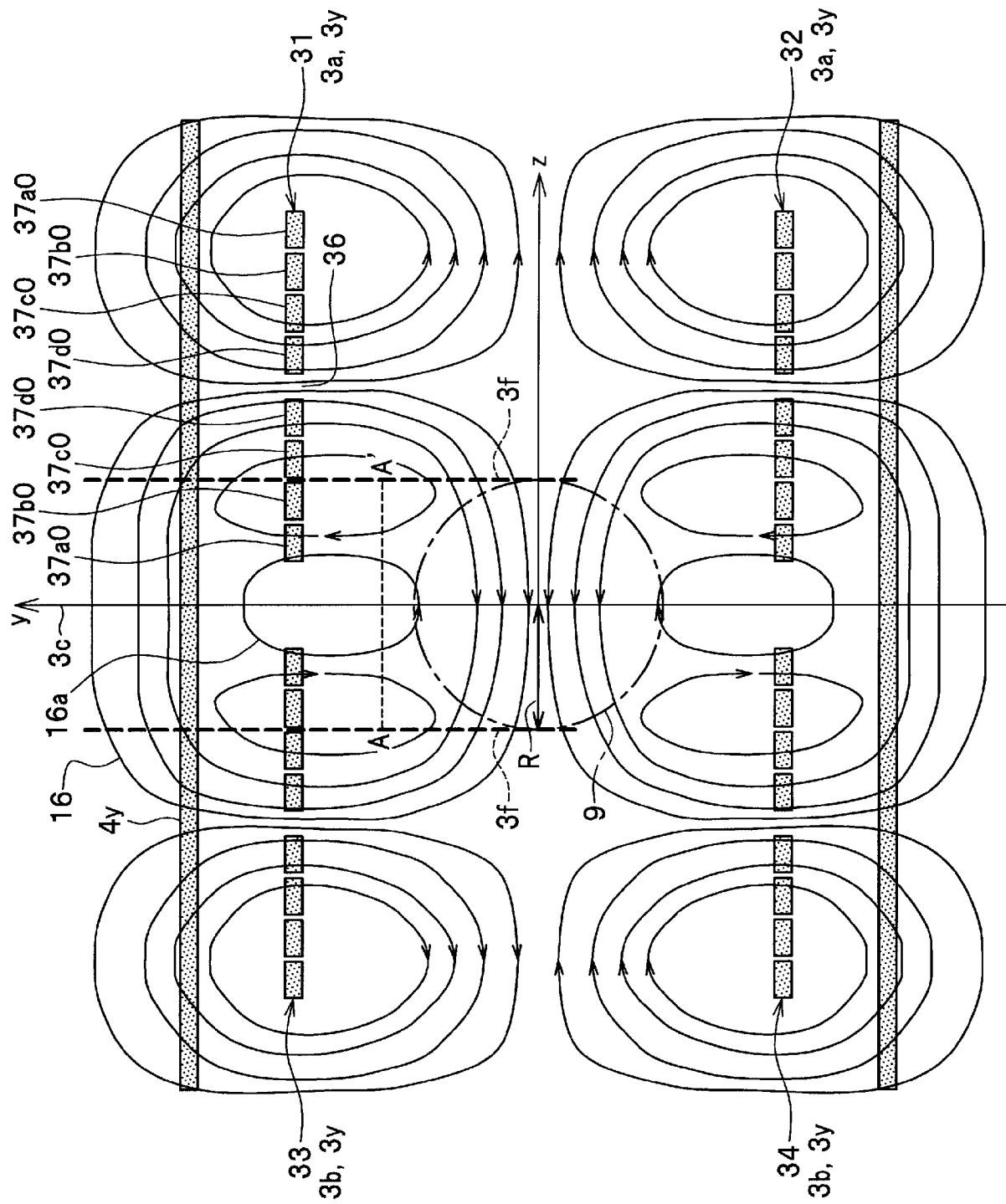


[図3]

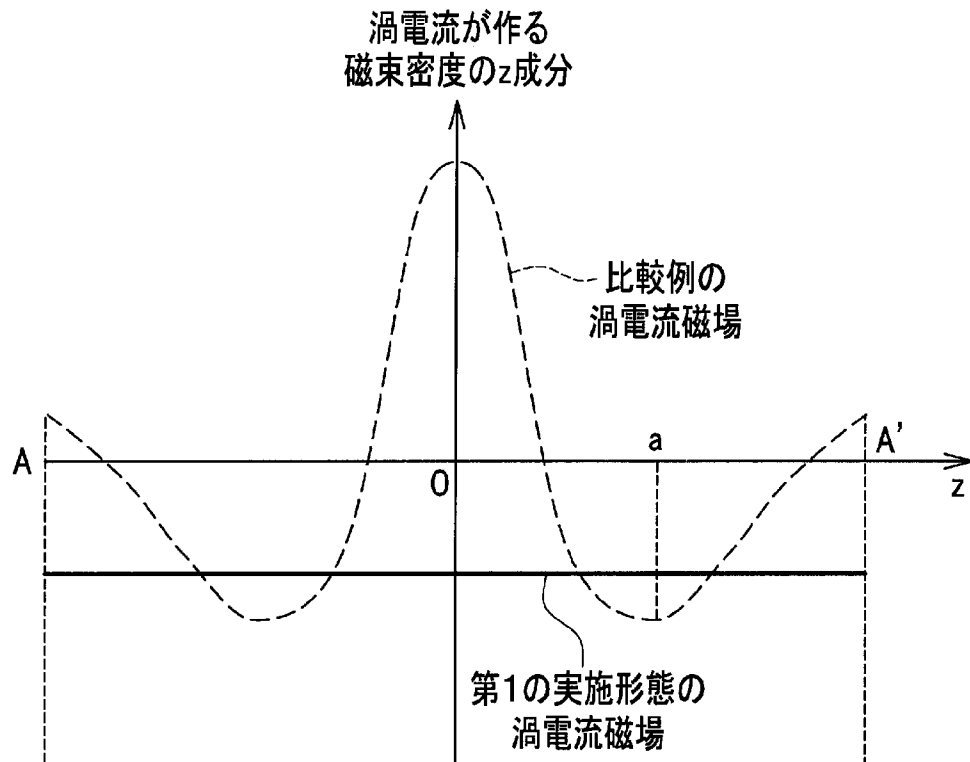


[illegible]

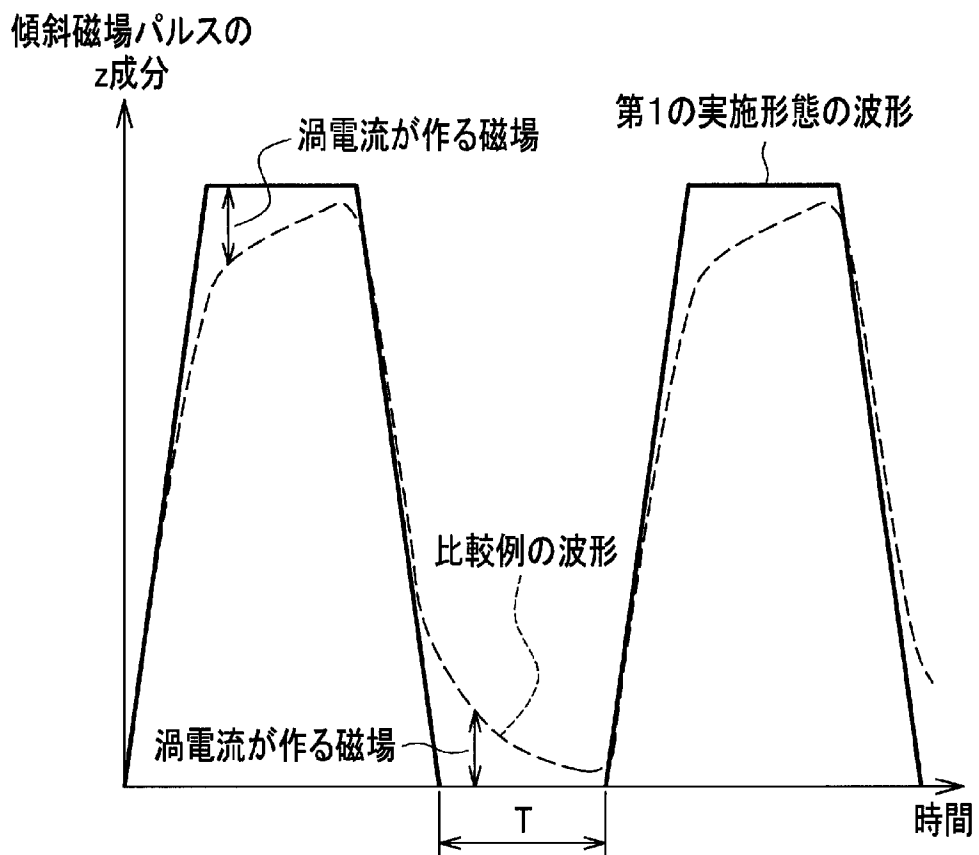
[図6]



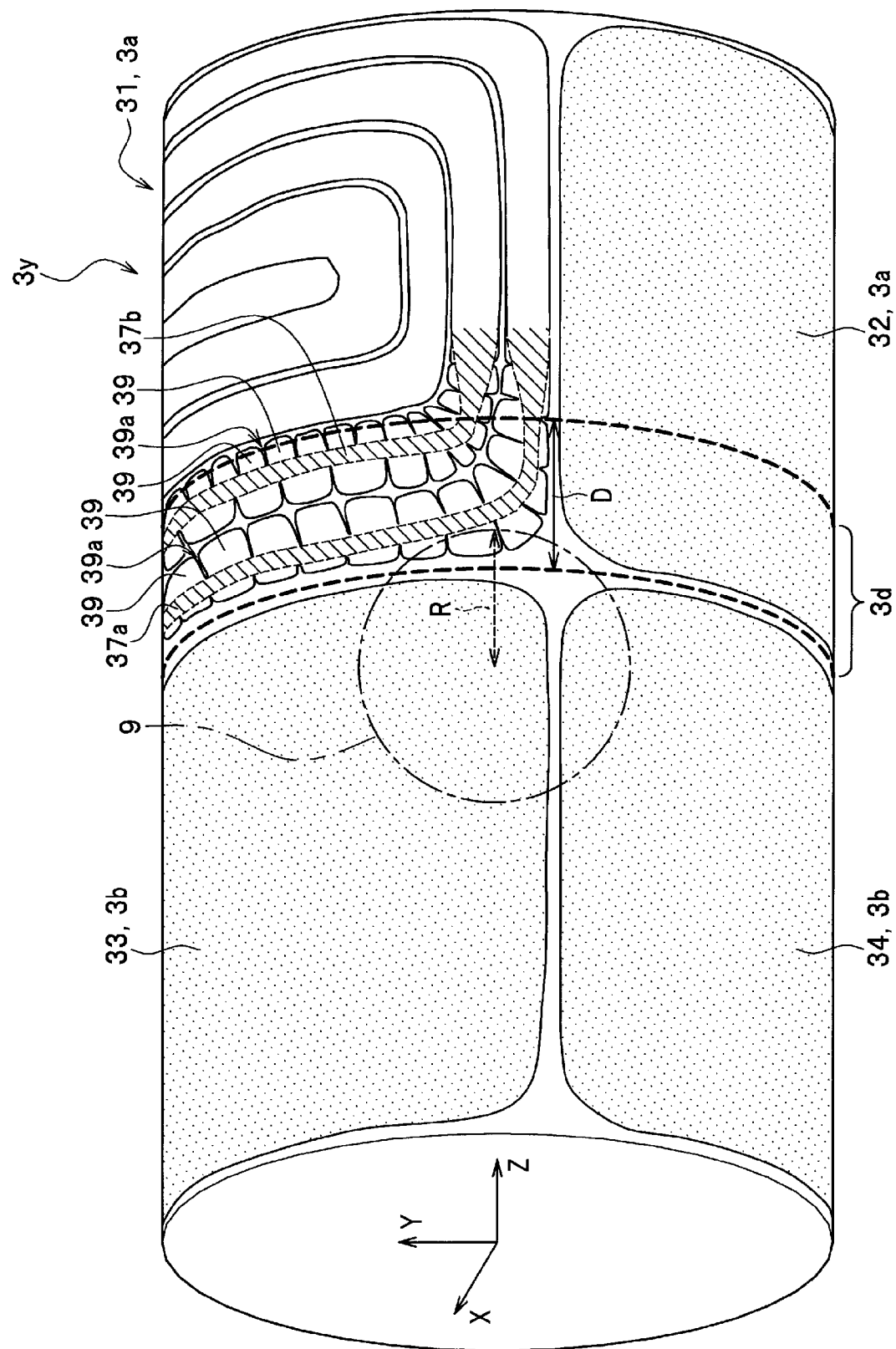
[図8A]



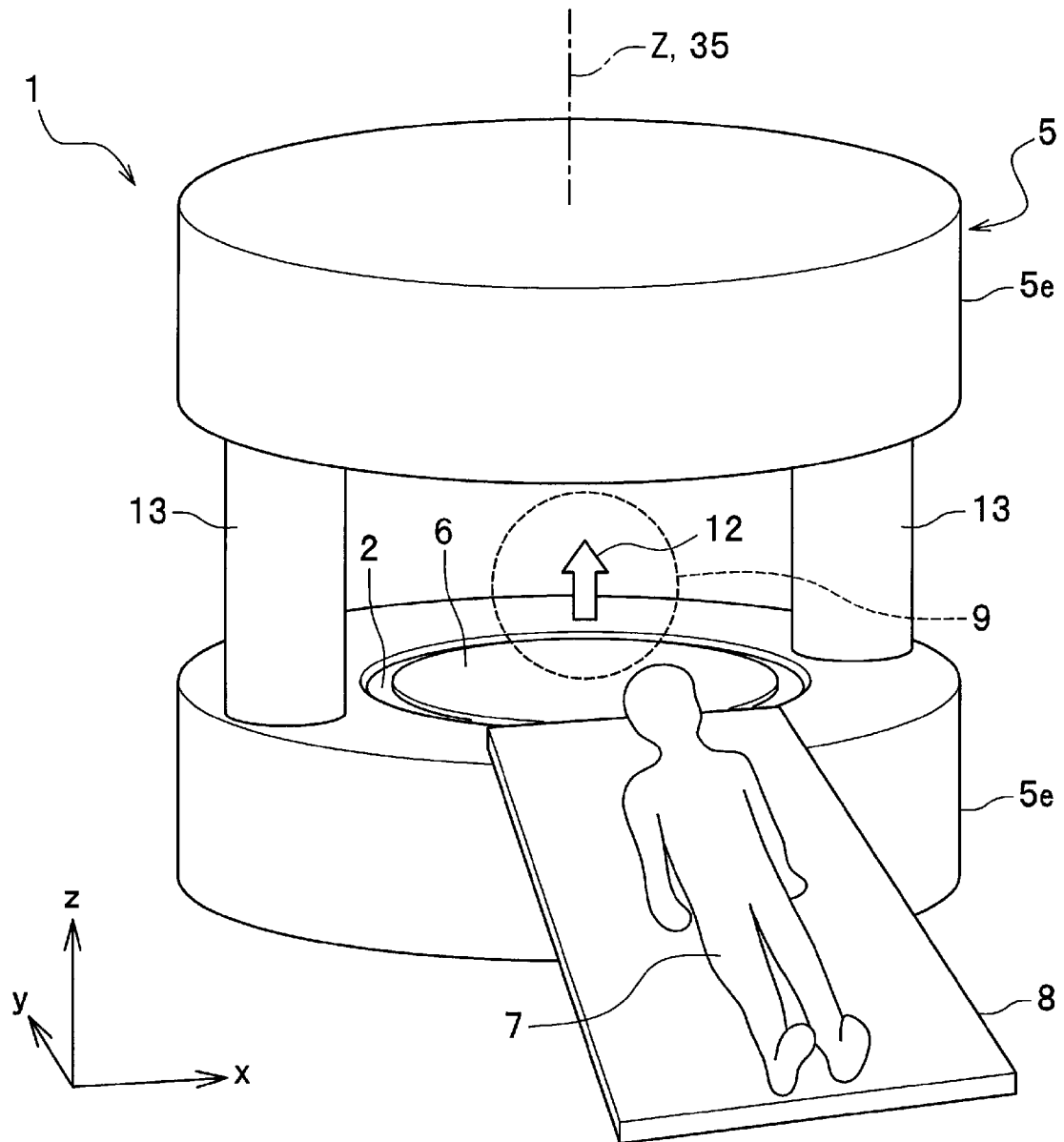
[図8B]



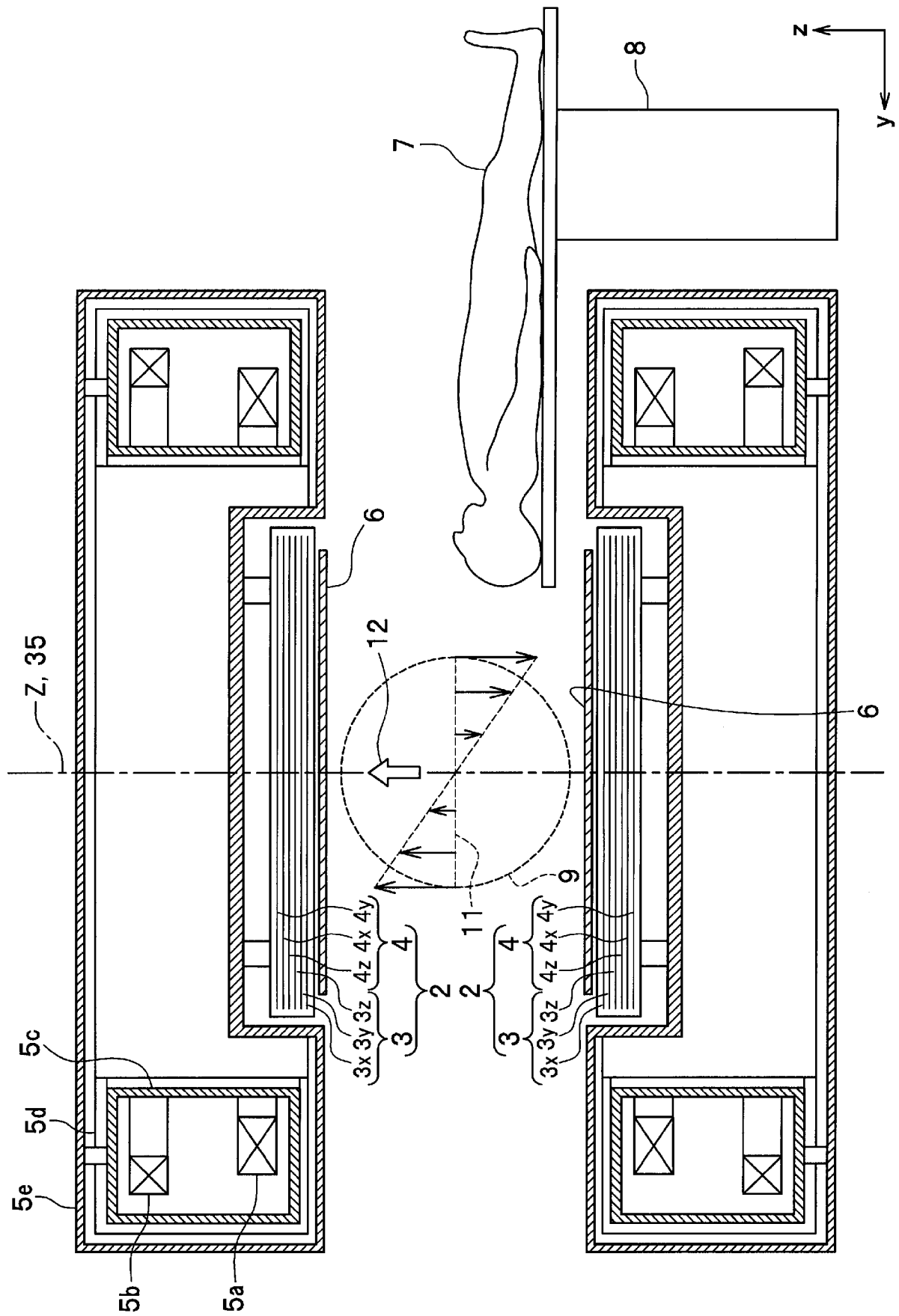
[図9]



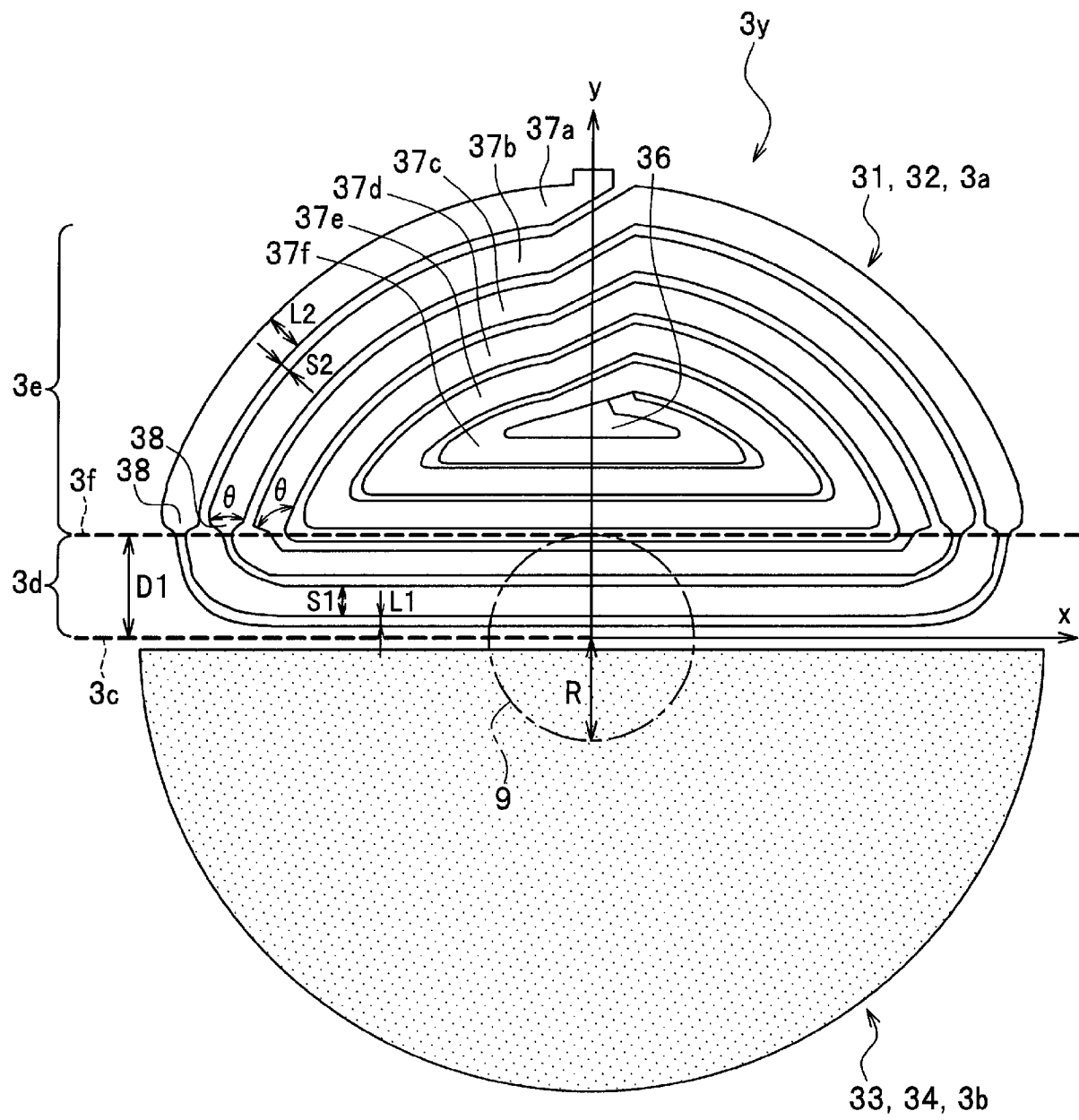
[図11]



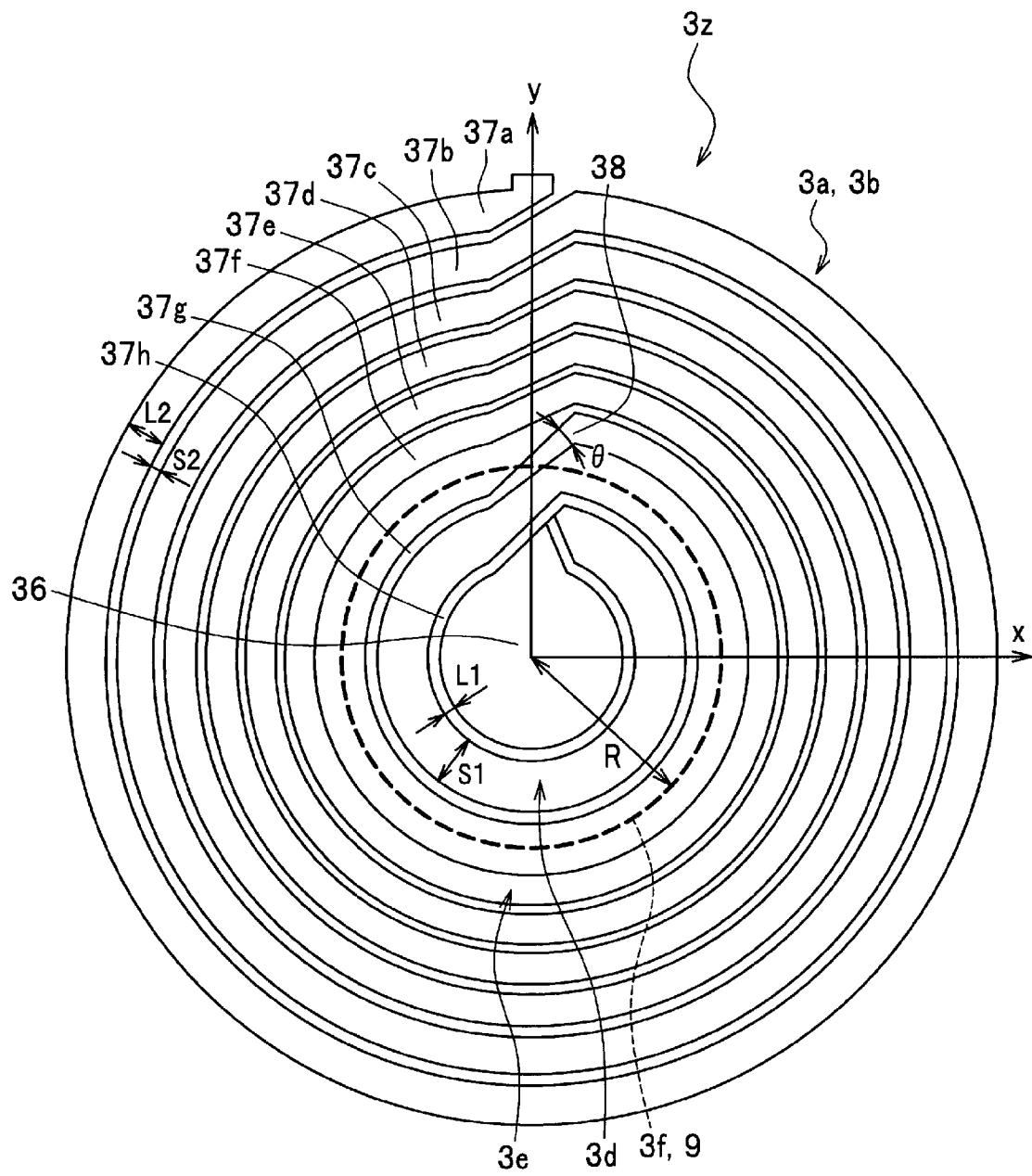
[図12]



[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/067674

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B5/055 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A61B5/055

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-183386 A (Hitachi Medical Corp.), 20 August 2009 (20.08.2009), paragraphs [0025] to [0028]; fig. 6 & US 2010/0321019 A1 & WO 2009/099001 A1	1-18
A	JP 2012-024451 A (Hitachi Medical Corp.), 09 February 2012 (09.02.2012), paragraphs [0043] to [0045]; fig. 7 & WO 2012/014914 A1	1-18
A	JP 07-303624 A (Picker International, Inc.), 21 November 1995 (21.11.1995), paragraph [0025]; fig. 2 & US 5424643 A & GB 2253909 A & EP 629874 A1	1-18

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
11 July, 2013 (11.07.13)

Date of mailing of the international search report
23 July, 2013 (23.07.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/067674

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2000-082627 A (Toshiba Corp.) , 21 March 2000 (21.03.2000) , paragraph [0039] & US 6311389 B1	1-18

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. A61B5/055 (2006.01) i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. A61B5/055

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2009-183386 A (株式会社日立メディコ) 2009.08.20, 段落 0025-0028, 第 6 図 & US 2010/0321019 A1 & WO 2009/099001 A1	1-18
A	JP 2012-024451 A (株式会社日立メディコ) 2012.02.09, 段落 0043-0045, 第 7 図 & WO 2012/014914 A1	1-18
A	JP 07-303624 A (ピカー インターナショナル インコーポレイテ ッド) 1995.11.21, 段落 0025, 第 2 図 & US 5424643 A & GB 2253909 A & EP 629874 A1	1-18

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 1 . 0 7 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

2 3 . 0 7 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官 (権限のある職員)

島田 保

2 Q

4 0 0 4

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 9 2

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2000-082627 A (株式会社東芝) 2000.03.21, 段落 0039 & US 6311389 B1	1-18