

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4740009号
(P4740009)

(45) 発行日 平成23年8月3日(2011.8.3)

(24) 登録日 平成23年5月13日(2011.5.13)

(51) Int. Cl.

F 1

A 6 1 B	5/055	(2006.01)	A 6 1 B	5/05	3 5 0
G O 1 R	33/36	(2006.01)	A 6 1 B	5/05	3 7 0
G O 1 R	33/34	(2006.01)	G O 1 N	24/04	5 3 0 Y
G O 1 R	33/46	(2006.01)	G O 1 N	24/04	5 2 0 A
			G O 1 N	24/08	5 2 0 A

請求項の数 10 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2006-87981 (P2006-87981)
 (22) 出願日 平成18年3月28日(2006.3.28)
 (65) 公開番号 特開2007-260079 (P2007-260079A)
 (43) 公開日 平成19年10月11日(2007.10.11)
 審査請求日 平成19年12月28日(2007.12.28)

(73) 特許権者 300019238
 ジーイー・メディカル・システムズ・グロ
 ーバル・テクノロジー・カンパニー・エル
 エルシー
 アメリカ合衆国・ウィスコンシン州・5 3
 1 8 8 ・ワウケシャ・ノース・グランドヴ
 ュー・ブルバード・ダブリュー・7 1 0
 ・3 0 0 0
 (74) 代理人 100094053
 弁理士 佐藤 隆久
 (72) 発明者 藤本 昌弘
 東京都日野市旭が丘四丁目7番地の1 2 7
 ジーイー横河メディカルシステム株式会
 社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気共鳴撮像装置、RFコイル及び磁気共鳴撮像装置の制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

静磁場を形成する静磁場形成部と、
 勾配磁場を形成する勾配磁場形成部と、
 前記静磁場内の被検体への高周波磁場の印加及び前記被検体からの磁気共鳴信号の受信
 を行うRFコイルと、
 前記RFコイルに前記高周波磁場を印加させるための駆動信号を出力するRF駆動部と
 、
 前記RFコイルにより受信した磁気共鳴信号に基づくデータを収集するデータ収集部と
 、
 前記データ収集部により収集したデータに基づいて被検体の断層画像を形成する画像形
 成部と、
 前記RFコイルの動作を制御する制御手段とを備え、
 前記RFコイルは、
 原ループ部と、
 前記原ループ部を複数の分割ループ部に分割するように、前記原ループ部に接続される
 導体と、
 前記導体を導通可能又は導通不可能とする切換手段とを備え、
 前記制御手段は、前記原ループ部により前記高周波磁場の印加を行い、当該印加により
 生じた前記磁気共鳴信号を前記分割ループ部により受信するように前記切換手段の動作を

制御する磁気共鳴撮像装置。

【請求項 2】

前記 R F 駆動部は、前記複数の分割ループ部のうちいずれか一つに接続され、
前記データ収集部は、前記複数の分割ループ部それぞれに接続されている
請求項 1 に記載の磁気共鳴撮像装置。

【請求項 3】

前記複数の分割ループ部のうちの分割ループ部と、前記 R F 駆動部及び前記データ収集部のうちいずれか一方とを選択的に導通可能とする第 1 のスイッチと、
前記複数の分割ループ部のうち他の分割ループ部と、前記データ収集部とを導通可能又は導通不可能とする第 2 のスイッチとを更に備え、

前記制御部は、前記高周波磁場の印加時には、前記一の分割ループ部と前記 R F 駆動部とが導通可能に、前記他の分割ループ部と前記データ収集部とが導通不可能になり、前記磁気共鳴信号の受信時には、前記一の分割ループ部と前記データ収集部とが導通可能に、前記他の分割ループ部と前記データ収集部とが導通可能になるように、前記第 1 のスイッチ及び前記第 2 のスイッチの動作を制御する
請求項 2 に記載の磁気共鳴撮像装置。

【請求項 4】

前記原ループ部は、前記被検体の所定の軸に直交する所定の方向からみて前記所定の軸に対して非対称な前記被検体の所定部位に対して、前記所定の方向において対向するように配置されている
請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の磁気共鳴撮像装置。

【請求項 5】

前記導体には直列に接続される静電容量素子が設けられ、
前記静電容量素子は、前記切換手段により前記導体を導通可能としたときに、前記複数の分割ループ部が互いに干渉しないように、静電容量が設定されている
請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の磁気共鳴撮像装置。

【請求項 6】

前記切換手段は、
前記導体に直列に接続される切換用静電容量素子と、
前記切換用静電容量素子に並列に接続されるインダクタンス素子と、
前記インダクタンス素子に直列に接続されるダイオードとを含む並列共振回路により構成されている
請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の磁気共鳴撮像装置。

【請求項 7】

前記画像生成手段は、S E N S E 法により前記複数の分割ループ部の受信した磁気共鳴信号に基づく画像を生成する
請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の磁気共鳴撮像装置。

【請求項 8】

原ループ部と、
前記原ループ部を複数の分割ループ部に分割するように、前記原ループ部に接続される導体と、
前記導体が導通不可能となり、前記原ループ部により所定の動作周波数を共振周波数とする共振回路が構成される送信状態と、前記導体が導通可能となり、前記複数の分割ループ部により前記動作周波数を共振周波数とする共振回路が構成される受信状態との間で前記 R F コイルの状態を切り換える切換手段とを備えた磁気共鳴撮像装置の R F コイル。

【請求項 9】

原ループ部と、
前記原ループ部を複数の分割ループ部に分割するように、前記原ループ部に接続される導体とを備え、
前記複数の分割ループ部のうちいずれか一つは、高周波磁場を印加するための駆動信号

10

20

30

40

50

を出力する R F 駆動部に接続され、

前記複数の分割ループ部のそれぞれは、受信した磁気共鳴信号に基づくデータを収集するデータ収集部に接続され、

前記 R F 駆動部が接続される前記分割ループ部は、当該分割ループ部と、前記 R F 駆動部又は前記データ収集部のうちいずれか一方とを選択的に導通可能とする第 1 のスイッチを介して前記 R F 駆動部及び前記データ収集部に接続され、

他の前記分割ループ部は、当該他の分割ループ部と、前記データ収集部とを導通可能又は導通不可能とする第 2 のスイッチを介して前記データ収集部に接続されている磁気共鳴撮像装置の R F コイル。

【請求項 10】

10

原ループ部と、前記原ループ部を複数の分割ループ部に分割するように、前記原ループ部に接続される導体とを備えた R F コイルにより、静磁場及び勾配磁場が形成された撮像空間に高周波磁場を印加して磁気共鳴信号を受信し、受信した磁気共鳴信号に基づいて画像を構成する磁気共鳴撮像装置の制御方法であって、

前記導体を導通不可能として前記原ループ部により前記高周波磁場を印加し、

前記導体を導通可能として前記複数の分割ループ部それぞれにより前記磁気共鳴信号を受信する磁気共鳴撮像装置の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

20

本発明は、磁気共鳴撮像装置、R F コイル及び磁気共鳴撮像装置の制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

磁気共鳴撮像装置において、フェーズドアレイコイル等の複数のコイルにより、磁気共鳴信号の励起及び励起した磁気共鳴信号の受信を行い、2乗和法や S E N S E 法等の画像合成方法により画像を生成する技術が知られている（例えば特許文献 1）。また、R F コイルの一のループを複数の小ループに分割し、分割前のループ又は分割した小ループのいずれか一方により磁気共鳴信号の受信をすることにより、R F コイルのサイズを変更可能とした技術も知られている（例えば特許文献 2）。

【特許文献 1】特開 2003 - 250776 号公報

30

【特許文献 2】特開 2003 - 290168 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

複数のコイルにより送受信を行うと、各コイルの感度分布や効率の違いにより送信ムラが生じる。一方、単一のコイルで送受信を行うと、送信ムラは抑制可能であるが、S E N S E 法等の手法を用いることができない。

【0004】

本発明の目的は、磁気共鳴信号の均一な励起を行いつつ、複数のコイルにより受信できる磁気共鳴撮像装置、R F コイル及び磁気共鳴撮像装置の制御方法を提供することにある。

40

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明の第 1 の観点の磁気共鳴撮像装置は、静磁場を形成する静磁場形成部と、勾配磁場を形成する勾配磁場形成部と、前記静磁場内の被検体への高周波磁場の印加及び前記被検体からの磁気共鳴信号の受信を行う R F コイルと、前記 R F コイルに前記高周波磁場を印加させるための駆動信号を出力する R F 駆動部と、前記 R F コイルにより受信した磁気共鳴信号に基づくデータを収集するデータ収集部と、前記データ収集部により収集したデータに基づいて被検体の断層画像を形成する画像形成部と、前記 R F コイルの動作を制御する制御手段と、を備え、前記 R F コイルは、原ループ部と、前記原ループ部を、複数の

50

分割ループ部に分割するように、前記原ループ部に接続される導体と、前記導体を導通可能又は導通不可能とする切換手段と、を備え、前記制御手段は、前記原ループ部により前記高周波磁場の印加を行い、当該印加により生じた前記磁気共鳴信号を前記分割ループ部により受信するように前記切換手段の動作を制御する。

【 0 0 0 6 】

好適には、前記 R F 駆動部は、前記複数の分割ループ部のうちいずれか一つに接続され、前記データ収集部は、前記複数の分割ループ部それぞれに接続されている。

【 0 0 0 7 】

好適には、前記複数の分割ループ部のうちの分割ループ部と、前記 R F 駆動部及び前記データ収集部のうちいずれか一方とを選択的に導通可能とする第 1 のスイッチと、前記複数の分割ループ部のうち他の分割ループ部と、前記データ収集部とを導通可能又は導通不可能とする第 2 のスイッチと、を更に備え、前記制御部は、前記高周波磁場の印加時には、前記一の分割ループ部と前記 R F 駆動部とが導通可能に、前記他の分割ループ部と前記データ収集部とが導通不可能になり、前記磁気共鳴信号の受信時には、前記一の分割ループ部と前記データ収集部とが導通可能に、前記他の分割ループ部と前記データ収集部とが導通可能になるように、前記第 1 のスイッチ及び前記第 2 のスイッチの動作を制御する。

【 0 0 0 8 】

好適には、前記原ループ部は、前記被検体の所定の軸に直交する所定の方向からみて前記所定の軸に対して非対称な前記被検体の所定部位に対して、前記所定の方向において対向するように配置されている。

【 0 0 0 9 】

好適には、前記導体には直列に接続される静電容量素子が設けられ、前記静電容量素子は、前記切換手段により前記導体を導通可能としたときに、前記複数の分割ループ部が互いに干渉しないように、静電容量が設定されている。

【 0 0 1 0 】

好適には、前記切換手段は、前記導体に直列に接続される切換用静電容量素子と、前記切換用静電容量素子に並列に接続されるインダクタンス素子と、前記インダクタンス素子に直列に接続されるダイオードと、を含む並列共振回路により構成されている。

【 0 0 1 1 】

好適には、前記画像生成手段は、センス法により前記複数の分割ループ部の受信した磁気共鳴信号に基づく画像を生成する。

【 0 0 1 2 】

本発明の第 2 の観点の磁気共鳴撮像装置の R F コイルは、原ループ部と、前記原ループ部を、複数の分割ループ部に分割するように、前記原ループ部に接続される導体と、前記導体が導通不可能となり、前記原ループ部により所定の動作周波数を共振周波数とする共振回路が構成される送信状態と、前記導体が導通可能となり、前記複数の分割ループ部により前記動作周波数を共振周波数とする共振回路が構成される受信状態との間で前記 R F コイルの状態を切り換える切換手段と、を備える。

【 0 0 1 3 】

本発明の第 3 の観点の磁気共鳴撮像装置の R F コイルは、原ループ部と、前記原ループ部を、複数の分割ループ部に分割するように、前記原ループ部に接続される導体と、を備え、前記複数の分割ループ部のうちいずれか一つは、高周波磁場を印加するための駆動信号を出力する R F 駆動部に接続され、前記複数の分割ループ部のそれぞれは、受信した磁気共鳴信号に基づくデータを収集するデータ収集部に接続されている。

【 0 0 1 4 】

好適には、前記 R F 駆動部が接続される前記分割ループ部は、当該分割ループ部と、前記 R F 駆動部又は前記データ収集部のうちいずれか一方とを選択的に導通可能とする第 1 のスイッチを介して前記 R F 駆動部及び前記データ収集部に接続され、他の前記分割ループ部は、当該他の分割ループ部と、前記データ収集部とを導通可能又は導通不可能とする

10

20

30

40

50

第2のスイッチを介して前記データ収集部に接続されている。

【0015】

本発明の第4の観点の磁気共鳴撮像装置のRFコイルは、原ループ部と、前記原ループ部を、複数の分割ループ部に分割するように、前記原ループ部に接続される導体と、前記導体に直列に接続される静電容量素子と、前記導体を導通可能又は導通不可能とする切換手段と、を備え、前記静電容量素子は、前記切換手段により前記導体を導通可能としたときに、前記複数の分割ループ部が互いに干渉しないように、静電容量が設定され、前記複数の分割ループ部のそれぞれは、受信した磁気共鳴信号に基づくデータを収集するデータ収集部に接続されている。

【0016】

本発明の第5の観点の磁気共鳴撮像装置の制御方法は、原ループ部と、前記原ループ部を、複数の分割ループ部に分割するように、前記原ループ部に接続される導体とを備えたRFコイルにより、静磁場及び勾配磁場が形成された撮像空間に高周波磁場を印加して磁気共鳴信号を受信し、受信した磁気共鳴信号に基づいて画像を構成する磁気共鳴撮像装置の制御方法であって、前記導体を導通不可能として前記原ループ部により前記高周波磁場を印加し、前記導体を導通可能として前記複数の分割ループ部それぞれにより前記磁気共鳴信号を受信する。

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、磁気共鳴信号の均一な励起を行いつつ、複数のコイルにより受信できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

(第1の実施形態)

図1は、本実施形態の磁気共鳴撮像装置(MRI)1の概略構成を示すブロック図である。磁気共鳴撮像装置は、静磁場マグネット部12と、勾配コイル13と、RFコイル15と、RF駆動部22と、勾配駆動部23と、データ収集部24と、切換駆動部25と、制御部26と、クレードル27と、データ処理部31と、操作部32と、表示部33とを有する。

【0019】

静磁場マグネット部12は、被検体が收容される撮像空間Bに静磁場を形成するために設けられている。静磁場マグネット部12は、一对の永久磁石により構成されている。そして、静磁場マグネット部12は、静磁場の方向が被検体SUの体軸方向又は体軸に垂直な方向に沿うように構成されている。なお、静磁場マグネット部12は、超伝導磁石により構成されていてもよい。

【0020】

勾配コイル13は、静磁場が形成された撮像空間Bに勾配磁場を形成し、RFコイル15が受信する磁気共鳴信号に位置情報を付加する。勾配コイル13は、周波数エンコード勾配磁場を形成する第1勾配コイルと、位相エンコード勾配磁場を形成する第2勾配コイルと、スライス選択勾配磁場を形成する第3勾配コイルとの3系統を有する。

【0021】

RFコイル15は、静磁場マグネット部12により静磁場が形成される撮像空間B内において、電磁波であるRFパルスを被検体に送信して高周波磁場を形成し、被検体SUの撮像領域におけるプロトンのスピンを励起する。また、RFコイル15は、励起された被検体SU内のプロトンから発生する電磁波を磁気共鳴信号として受信して出力する。RFコイル15は、例えば被検体SUの体表面に配置されるサーフェイスコイルにより構成されている。

【0022】

RF駆動部22は、RFコイル15を駆動させて撮像空間B内に高周波磁場を形成するための駆動信号をRFコイル15に出力する。具体的には、ゲート変調器(図示なし)と

10

20

30

40

50

R F 電力増幅器（図示なし）と R F 発振器（図示なし）とを有する。R F 駆動部 2 2 は、制御部 2 6 からの制御信号に基づいて、R F 発振器からの R F 信号を、ゲート変調器を用いて所定のタイミングおよび所定の包絡線の信号に変調する。そして、ゲート変調器により変調された R F 信号を、R F 電力増幅器により増幅した後、R F コイル 1 5 に出力する。

【 0 0 2 3 】

勾配駆動部 2 3 は、制御部 2 6 からの制御信号に基づいて、勾配パルス勾配コイル 1 3 に印加して駆動させ、静磁場が形成されている撮像空間 B 内に勾配磁場を発生させる。勾配駆動部 2 3 は、3 系統の勾配コイル 1 3 に対応して 3 系統の駆動回路（図示なし）を有する。

10

【 0 0 2 4 】

データ収集部 2 4 は、制御部 2 6 からの制御信号に基づいて、R F コイル 1 5 が受信する磁気共鳴信号を収集し、データ処理部 3 1 に出力する。データ収集部 2 4 は、位相エンコードと周波数エンコードとが施された磁気共鳴信号を、k 空間に対応するように収集する。データ収集部 2 4 は、R F コイル 1 5 が受信する磁気共鳴信号を R F 駆動部 2 2 の R F 発振器の出力を参照信号として位相検波器が位相検波した後に、そのアナログ信号の磁気共鳴信号を A / D 変換器がデジタル信号に変換する。そして、その収集した磁気共鳴信号をメモリに記憶後、データ処理部 3 1 に出力する。

【 0 0 2 5 】

切換駆動部 2 5 は、後述する R F コイル 1 5 のサイズ変更をするための切換部の動作を制御する。具体的には、制御部 2 6 からの制御信号に基づいて、順方向又は逆方向のバイアス電圧を切換部に印加する。

20

【 0 0 2 6 】

制御部 2 6 は、コンピュータと、所定のパルスシーケンスに対応するようにコンピュータに各部の機能を実行させるプログラムとを有する。そして、制御部 2 6 は、操作部 3 2 からデータ処理部 3 1 を介して入力される操作信号に基づいて、R F 駆動部 2 2 と勾配駆動部 2 3 とデータ収集部 2 4 とのそれぞれに、所定のパルスシーケンスを実行させる制御信号を出力し制御を行う。

【 0 0 2 7 】

クレードル 2 7 は、被検体 S U を載置する台である。クレードル 2 7 は、制御部 2 6 からの制御信号に基づいて、撮像空間 B の内部と外部との間を移動する。

30

【 0 0 2 8 】

データ処理部 3 1 は、コンピュータと、所定のデータ処理をコンピュータに実行させるプログラムとを有する。データ処理部 3 1 は、操作部 3 2 に接続されており、操作部 3 2 からの操作信号が入力される。そして、データ処理部 3 1 は、制御部 2 6 に接続されており、オペレータによって操作部 3 2 に入力される操作信号を制御部 2 6 に出力する。また、データ処理部 3 1 は、データ収集部 2 4 に接続されており、データ収集部 2 4 が収集された磁気共鳴信号を取得し、その取得した磁気共鳴信号に対して画像処理を行って、被検体のスライスについての画像を生成する。そして、データ処理部 3 1 は、その生成した画像を表示部 3 3 に出力する。なお、データ処理部 3 1 は画像生成部として機能する。

40

【 0 0 2 9 】

操作部 3 2 は、キーボードやマウスなどの操作デバイスにより構成されている。操作部 3 2 は、オペレータによって操作され、その操作に応じた操作信号をデータ処理部 3 1 に出力する。

【 0 0 3 0 】

表示部 3 3 は、C R T などの表示デバイスにより構成されている。表示部 3 3 は、被検体 S U からの磁気共鳴信号に基づいて生成される被検体のスライスについての画像を表示する。

【 0 0 3 1 】

図 2 (a) は、R F コイル 1 5 の構成を示す回路図である。ただし、インダクタ等の要

50

素を一部省略して図示している。

【0032】

RFコイル15は、原ループ部51と、原ループ部51を、2つの分割ループ部52A、52Bに分割するように、原ループ部51に接続される導体53とを備えている。また、導体53には導通状態を切り換える切換部54が接続されており、RFコイル15は、切換部54による導通状態の切換により、使用するループ部を原ループ部51と分割ループ部52A、52Bとの間で選択可能に構成されている。

【0033】

原ループ部51は、例えば略矩形状に形成されており、4つの直線状の元素51a~51dを備えている。なお、原ループ部51は円形等の適宜な形状に設定してもよい。原ループ部51は、所定の動作周波数を共振周波数とする共振回路が構成されるように、キャパシタやインダクタが適宜に直列接続されている。

10

【0034】

分割ループ部52A、52Bは、原ループ部51の互いに対向する元素51aと51cとに導体53が接続され、原ループ部51が分割されることにより形成されており、それぞれ原ループ部の元素の一部と導体53とを含んでいる。なお、導体53は、分割ループ部52A、52Bにより共有されている。

【0035】

分割ループ部52Aは、TRスイッチ65を介してRF駆動部22及びデータ収集部24と接続されている。TRスイッチ65は、分割ループ部52Aと、RF駆動部22及びデータ収集部24のうちいずれか一方とを選択的に導通可能とする。TRスイッチ65は、例えば分割ループ部52AとRF駆動部22とを導通可能又は導通不可能とするスイッチと、分割ループ部52Aとデータ収集部24とを導通可能又は導通不可能とするスイッチを含んで構成され、各スイッチは例えば並列共振回路やFET等を含んで構成される。TRスイッチ65の動作は制御部26により制御される。

20

【0036】

分割ループ部52Bは、TRスイッチ66を介してデータ収集部24と接続されている。TRスイッチ66は、分割ループ部52Bと、データ収集部24とを導通可能又は導通不可能とする。TRスイッチ66は、例えば並列共振回路やFET等を含んで構成される。なお、TRスイッチ66はTRスイッチ65と同一の構成であってもよい。TRスイッチ66の動作は制御部26により制御される。

30

【0037】

導体53は、例えば原ループ部51の元素51a~51dと同一の材質、断面形状に形成されている。また、導体53は、例えば、元素51aから51cまで直線状に形成されており、分割ループ部52A、52Bをそれぞれ略矩形に形成する。導体53には、分割ループ部52A、52Bにより所定の動作周波数を共振周波数とする共振回路が構成されるように、キャパシタやインダクタが必要に応じて設けられる。

【0038】

切換部54は、例えば、RFコイル15の動作周波数を共振周波数とする並列共振回路により構成されており、導体53に直列に接続されるキャパシタ55と、キャパシタ55に対して並列に接続されるインダクタ56と、インダクタ56に直列に接続されるダイオード57とを備えている。ダイオード57のアノード又はカソードには切換駆動部25が接続されており、順方向又は逆方向のバイアスが印加されることにより切換部54は導体53を導通可能又は導通不可能とする。

40

【0039】

なお、図2(a)では、ダイオード57に順方向のバイアスが印加されたときに、切換部54が並列共振回路として機能し、導体53を導通不可能な状態とし、ダイオード57に逆方向のバイアスが印加されたときに、切換部54はキャパシタ55と等価となり、導体53を導通可能な状態とするように、ダイオード57が接続されている場合を例示している。

50

【 0 0 4 0 】

以上のRFコイル15においては、切換部54により、導体53が導通不可能となると、原ループ部51により動作周波数を共振周波数とする共振回路が構成され、導通53が導通可能となると分割ループ部52A、52Bにより動作周波数を共振周波数とする共振回路が構成される。そして、分割ループ部52A、52Bにより共振回路が構成される際に、分割ループ部52Aと分割ループ部52Bとが干渉しないように、導体53上の静電容量が設定される。具体的には以下のとおりである。

【 0 0 4 1 】

図2(b)は、RFコイル15の等価回路を示す回路図である。キャパシタC1、C2、インダクタL1、L2は、それぞれ分割ループ部52A、52B上のエレメント51a~51d上の全てのキャパシタ、インダクタと等価なキャパシタ、インダクタを示しており、素子Xは、導体53上のインピーダンスを有する全ての素子と等価な素子を示している。また、分割ループ部52A、52Bの相互インダクタンスをMとする。ここで、分割コイル52A、52BにそれぞれV₁、V₂の電圧が印加され、電流i₁、i₂が流れたとすると、以下の式が成立する。

【 0 0 4 2 】

$$V_1 = X_{C1} i_1 + X_{L1} i_1 + X i_1 - X i_2 - X_M i_2$$

$$V_2 = X_{C2} i_2 + X_{L2} i_2 + X i_2 - X i_1 - X_M i_1$$

ここで、X_{C1}、X_{C2}、X_{L1}、X_{L2}、X、X_Mは、それぞれキャパシタC1、C2、インダクタL1、L2、素子X、相互インダクタンスMのインピーダンスである。

上式を整理すると、

$$V_1 = (X_{C1} + X_{L1} + X) i_1 - (X + X_M) i_2$$

$$V_2 = - (X + X_M) i_1 + (X_{C2} + X_{L2} + X) i_2$$

分割ループ部52Aと52Bとのアイソレーションがとれているならば、つまり、互いの電流の影響を受けないならば、クロストークの項は0となるから、

$$- (X + X_M) i_2 = 0$$

$$- (X + X_M) i_1 = 0$$

であり、

$$X + X_M = 0$$

従って、

$$X = - X_M = - j \quad M = 1 / (j (1 / (M)))$$

が成り立つ。これは、静電容量を示しているので、X = C_mとすると、

$$C_m = 1 / (M)$$

$$C_m = 1 / (\quad^2 M)$$

となる。なお、 \quad はRFコイル15の動作周波数である。

【 0 0 4 3 】

従って、導体53上の静電容量を合成した静電容量C_mが1 / ($\quad^2 M$)となるように、導体53上のキャパシタの静電容量を設定すれば、導体53を導通可能とし、分割ループ部52Aにより磁気共鳴信号を受信する際に、分割ループ部52Aと52Bとの干渉が抑制される。なお、導体53上のキャパシタには、例えば、切換部54に含まれるキャパシタ55が含まれる。また、切換部54とは別に導体53上にキャパシタを設けてもよい。

【 0 0 4 4 】

なお、導体53上の静電容量C_mは、原ループ部51の共振周波数(動作周波数)と、分割ループ部52A、52Bの共振周波数(動作周波数)とが同一になるように設定されている。すなわち、

【 0 0 4 5 】

$$= 1 / (L_{12} \times C_{12})^{1/2}$$

$$= 1 / (L_{1m} \times C_{1m})^{1/2}$$

$$= 1 / (L_{2m} \times C_{2m})^{1/2}$$

10

20

30

40

50

ここで、 L_{12} 、 C_{12} は、ループ部51全体のインダクタンス、静電容量であり、 L_{1m} 、 C_{1m} は、分割ループ部52A全体のインダクタンス、静電容量であり、 L_{2m} 、 C_{2m} は、分割ループ部52B全体のインダクタンス、静電容量である。

【0046】

図3は、制御部26による切換部54の制御方法を示すタイムチャートである。図3において横軸は時間である。

【0047】

実線LN1で示すように、RFコイル15による送信及び受信は、一定の時間間隔で交互に行われる。送信時には、TRスイッチ65は、分割ループ部52AとRF駆動部22とを導通可能とするとともに、分割ループ部52Aとデータ収集部24とを導通不可能とする。また、TRスイッチ66は、分割ループ部52Bとデータ収集部24とを導通不可能とする。そして、実線LN2で示すように、切換部54のダイオード57に順方向のバイアス電圧が印加されて導体53は導通不可能な状態となる。従って、原ループ部51により送信が行われ、実線LN3で示すように、FOVは大きく設定される。

【0048】

一方、受信時には、TRスイッチ65は、分割ループ部52AとRF駆動部22とを導通不可能とするとともに、分割ループ部52Aとデータ収集部24とを導通可能とする。また、TRスイッチ66は、分割ループ部52Bとデータ収集部24とを導通可能とする。そして、実線LN2で示すように、切換部54のダイオード57に逆方向のバイアス電圧が印加されて導体53は導通可能な状態となる。従って、分割ループ部52A、52Bそれぞれにより受信が行われ、実線LN3で示すように、各ループ部それぞれのFOVは小さく設定される。

【0049】

なお、データ処理部31は、分割ループ部52A、52Bにより受信した信号に基づく画像を、例えば、2乗和法、SENSE(センス)法、SMASH法などにより生成する。SENSE法やSMASH法では、分割ループ部52A、52Bの感度分布の差を利用して画像を生成する。すなわち、分割ループ部52A、52Bの再構成画像から折り返し画像部分を分離演算し、撮像領域の大きな新たな断層画像を生成する。SMASH法では、k空間のフーリエ変換前にデータ処理が行われ、SENSE法では、フーリエ変換後の画像データに対してデータ処理が行われる。

【0050】

以上の実施形態によれば、原ループ部51により高周波磁場の印加を行うとともに、分割ループ部52A、52Bにより受信を行うことから、磁気共鳴信号の均一な励起を行いつつ、複数のコイルにより受信できる。

【0051】

一般に、RFコイルの感度等は被検体の影響を受けることから、被検体とRFコイルとの位置関係によりRFコイルの感度等は変化する。従って、複数のループ部を有するRFコイルにより送受信を行う場合には、被検体とRFコイルとの位置関係により送信ムラが生じることがある。しかし、被検体の頭部は左右方向においては対称であり、ヘッドレスト等の被検体の頭部を位置決めする器具を用い、RFコイル80の中央に被検体の頭部を配置することにより、被検体の左右方向における送信ムラ等は抑制することができる。

【0052】

一方、被検体の頭部は、顔面と後頭部とでは形状がことなることから、側方(所定の軸に直交する所定の方向)からみると中心軸(所定の軸)に対して非対称である。従って、被検体の頭部の前後方向においては、被検体の頭部の配置位置の調整により送信ムラを抑制することは困難である。しかし、原ループ部51を頭部側方に対向させ、比較的広いFOVの原ループ部81により送信し、比較的狭いFOVの分割ループ部82A、82Bにより受信することにより、被検体の頭部の前後方向における非対称性に起因する送信ムラを抑制しつつ、複数のループ部で受信できる。なお、この場合、例えば分割ループ部82A、82Bの配列方向(図2の紙面左右方向)は頭部の前後方向に一致させる。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 3 】

(第2の実施形態)

第2の実施形態も第1の実施形態と同様の構成を有し、同様の送受信を行う。ただし、RFコイルの構成が第1の実施形態と相違する。なお、以下において、第1の実施形態と同様の構成については第1の実施形態と同様の符号を付し、説明を省略する。

【 0 0 5 4 】

図4(a)は、第2の実施形態のRFコイル70を一部省略して示す回路図である。RFコイル70は、原ループ部71と、の分割ループ部72A、72B、72Cに分割されたRFコイル70が設けられている。

【 0 0 5 5 】

原ループ部71は、例えば略円形状の元素を含んで形成されており、所定の動作周波数を共振周波数とする共振回路が構成されるように、キャパシタやインダクタが適宜に直列接続されている。

【 0 0 5 6 】

分割ループ部72A、72B、72Cは、原ループ部51に導体73AB、73BC、73CAが接続され、原ループ部71が分割されることにより形成されており、それぞれ原ループ部の元素の一部と導体73AB、73BC、73CAのいずれか二つを含んでいる。

【 0 0 5 7 】

導体73AB、73BC、73CAは、例えば原ループ部71の元素と同一の材質、断面形状に形成されている。また、導体73AB、73BC、73CAは、例えば、それぞれ原ループ部71の円周側から中央へ延びる直線状に形成されており、分割ループ部72A、72B、72Cをそれぞれ互いに中心角が等しい扇形に形成している。導体73AB、73BC、73CAには、分割ループ部72A、72B、72Cにより所定の動作周波数を共振周波数とする共振回路が構成されるように、キャパシタやインダクタが必要に応じて設けられる。

【 0 0 5 8 】

切換部74A、74B、74Cは、第1の実施形態の切換部54と同様の構成を有している。また、TRスイッチ75は、第1の実施形態のTRスイッチ65と、TRスイッチ76、77は、第1の実施形態のTRスイッチ66と同様の構成を有している。

【 0 0 5 9 】

RFコイル70においても、第1の実施形態と同様に、各分割ループ部72A、72B、72C間においてアイソレーションをとるように、導体73AB、73BC、73CA上の静電容量が設定されている。具体的には、以下のとおりである。

【 0 0 6 0 】

図4(b)は、RFコイル70の等価回路を示す回路図である。キャパシタC1、C2、C3、インダクタL1、L2、L3は、それぞれ分割ループ部72A、72B、72Cに含まれる原ループ部71の元素上の全てのキャパシタ、インダクタと等価なキャパシタ、インダクタを示しており、素子 X_{12} 、 X_{23} 、 X_{31} は、導体73AB、73BC、73CA上のインピーダンスを有する全ての素子と等価な素子を示している。また、分割ループ部72A、72B、72Cの相互インダクタンスを M_{12} 、 M_{23} 、 M_{31} とする。ここで、分割コイル72A、72B、72Cにそれぞれ V_1 、 V_2 、 V_3 の電圧が印加され、電流 i_1 、 i_2 、 i_3 が流れたとすると、以下の式が成立する。

【 0 0 6 1 】

$$\begin{aligned} V_1 &= X_{C1} i_1 + X_{L1} i_1 + X_{12} i_1 + X_{31} i_1 - X_{12} i_2 - X_{M12} i_2 \\ &- X_{31} i_3 - X_{M31} i_3 \\ V_2 &= X_{C2} i_2 + X_{L2} i_2 + X_{12} i_2 + X_{23} i_2 - X_{12} i_1 - X_{M12} i_1 \\ &- X_{23} i_3 - X_{M23} i_3 \\ V_3 &= X_{C3} i_3 + X_{L3} i_3 + X_{23} i_3 + X_{31} i_3 - X_{23} i_2 - X_{M23} i_2 \\ &- X_{31} i_1 - X_{M31} i_1 \end{aligned}$$

10

20

30

40

50

ここで、 X_{C1} 、 X_{C2} 、 X_{C3} 、 X_{L1} 、 X_{L2} 、 X_{L3} 、 X_{12} 、 X_{23} 、 X_{31} 、 X_{M12} 、 X_{M23} 、 X_{M31} は、それぞれキャパシタ $C1$ 、 $C2$ 、 $C3$ 、インダクタ $L1$ 、 $L2$ 、 $L3$ 、素子 X_{12} 、 X_{23} 、 X_{31} 、相互インダクタンス M_{12} 、 M_{23} 、 M_{31} のインピーダンスである。

上式を整理すると、

$$V_1 = (X_{C1} + X_{L1} + X_{12} + X_{31}) i_1 - (X_{12} + X_{M12}) i_2 - (X_{31} + X_{M31}) i_3$$

$$V_2 = (X_{C2} + X_{L2} + X_{12} + X_{23}) i_2 - (X_{12} + X_{M12}) i_1 - (X_{23} + X_{M23}) i_3$$

$$V_3 = (X_{C3} + X_{L3} + X_{23} + X_{31}) i_3 - (X_{23} + X_{M23}) i_2 - (X_{31} + X_{M31}) i_1$$

10

分割ループ部 5 2 A と 5 2 B とのアイソレーションがとれているならば、つまり、互いの電流の影響を受けないならば、クロストークの項は 0 となるから、

$$-(X_{12} + X_{M12}) i_2 - (X_{31} + X_{M31}) i_3 = 0$$

$$-(X_{12} + X_{M12}) i_1 - (X_{23} + X_{M23}) i_3 = 0$$

$$-(X_{23} + X_{M23}) i_2 - (X_{31} + X_{M31}) i_1 = 0$$

であり、

i_1 、 i_2 、 i_3 によらずクロストークの項が 0 となる場合は、

$$X_{12} + X_{M12} = 0$$

$$X_{23} + X_{M23} = 0$$

$$X_{31} + X_{M31} = 0$$

20

従って、第 1 の実施形態と同様に、 X_{12} 、 X_{23} 、 X_{31} は静電容量であり、

$$X_{12} = 1 / ({}^2 M_{12}), X_{23} = 1 / ({}^2 M_{23}), X_{31} = 1 / ({}^2 M_{31})$$

となる。なお、 ω は R F コイル 7 0 の動作周波数である。

【0062】

以上の第 2 の実施形態によれば、原ループ部 7 1 により送信を行い、分割ループ部 7 2 A、7 2 B、7 2 C それぞれにより受信することにより、第 1 の実施形態と同様の効果を得られる。

【0063】

30

本発明は以上の実施形態に限定されず、種々の態様で実施してよい。

【0064】

R F コイルは、送受信を行うためのループ部を有するものであればよく、サーフェイスコイル、フェーズドアレイコイル、ヘッドコイルに限定されない。例えばボディコイルでもよいし、特定の部位の撮像を行うための専用のコイルでもよい。原ループ部の分割数は適宜に設定してよく、2 又は 3 に限定されない。分割コイル間のアイソレーションをとる方法は、静電容量の設定に限定されない。例えば分割コイルに亘る中和回路を設けてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0065】

40

【図 1】本発明の第 1 の実施形態の磁気共鳴撮像装置の構成を示すブロック図である。

【図 2】図 1 の磁気共鳴撮像装置の送信コイルの構成を示す一部省略回路図である。

【図 3】図 2 の R F コイルの送受信方法を示すタイムチャートである。

【図 4】本発明の第 2 の実施形態の R F コイルの構成を示す一部省略回路図である。

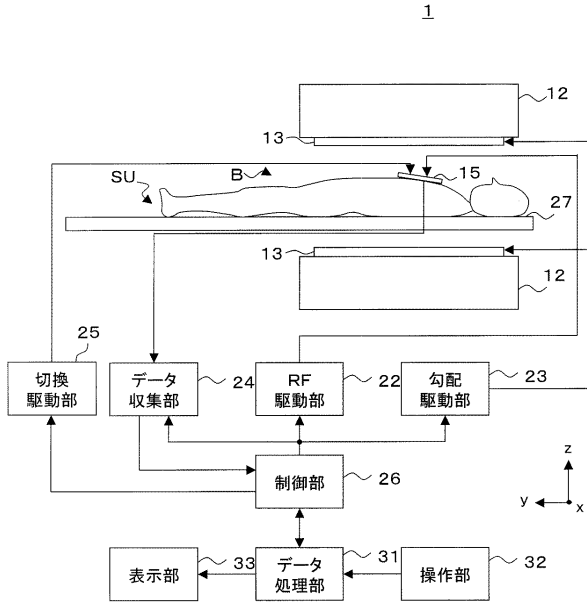
【符号の説明】

【0066】

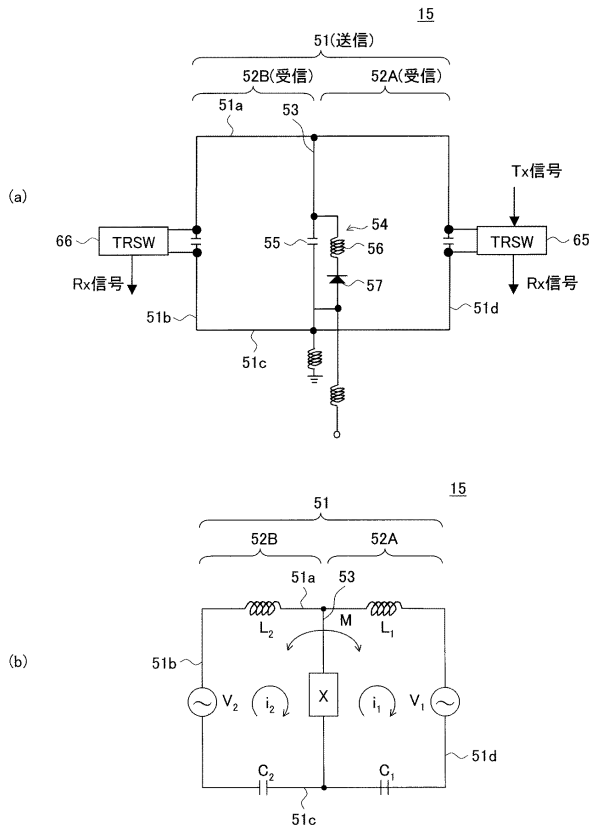
1 ... 磁気共鳴撮像装置、1 2 ... 静磁場マグネット部、1 3 ... 勾配コイル、1 5 ... R F コイル、2 2 ... R F 駆動部、2 4 ... データ収集部、3 1 ... データ処理部（画像形成部）、2 6 ... 制御部、5 1 ... 原ループ部、5 2 A、5 2 B ... 分割ループ部、5 3 ... 導体、5 4 ... 切換部、5 5 ... キャパシタ。

50

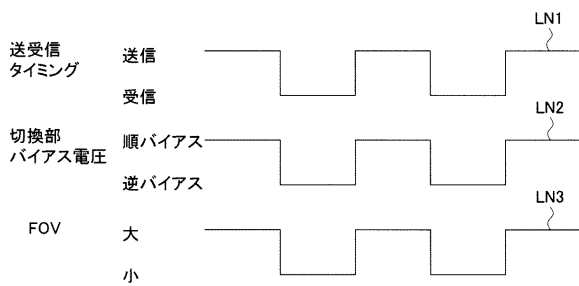
【図1】



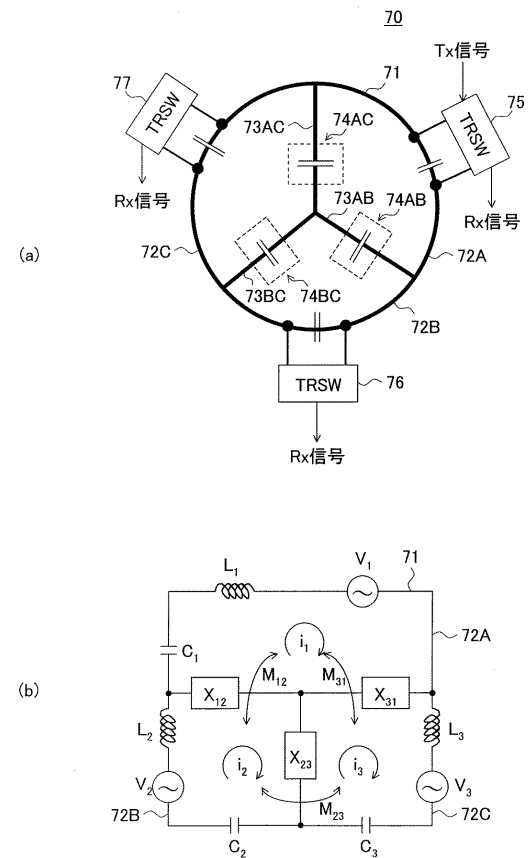
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 吉田 大

東京都日野市旭が丘四丁目7番地の127 ジーイー横河メディカルシステム株式会社内

審査官 田中 洋介

(56)参考文献 特開2003-290168(JP,A)

特開平09-019414(JP,A)

特公平05-065179(JP,B2)

特表2005-529698(JP,A)

特許第3110741(JP,B2)

特表平11-503950(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 5/055

G01N 24/00 - 24/14

G01R 33/20 - 33/64

JSTPlus(JDreamII)

JMEDPlus(JDreamII)