

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6258050号
(P6258050)

(45) 発行日 平成30年1月10日(2018.1.10)

(24) 登録日 平成29年12月15日(2017.12.15)

(51) Int.Cl.

F 1

A 6 1 B 5/055 (2006.01)
A 6 1 B 5/05 (2006.01)A 6 1 B 5/05
A 6 1 B 5/053 1 1
Z D M

請求項の数 15 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2014-14686 (P2014-14686)
 (22) 出願日 平成26年1月29日 (2014.1.29)
 (65) 公開番号 特開2014-147747 (P2014-147747A)
 (43) 公開日 平成26年8月21日 (2014.8.21)
 審査請求日 平成28年11月30日 (2016.11.30)
 (31) 優先権主張番号 10 2013 201 670.0
 (32) 優先日 平成25年2月1日 (2013.2.1)
 (33) 優先権主張国 ドイツ (DE)

(73) 特許権者 390039413
 シーメンス アクチエンゲゼルシャフト
 S i e m e n s A k t i e n g e s e l
 l s c h a f t
 ドイツ連邦共和国 D-80333 ミュ
 ンヘン ヴィッテルスバッハ-プラツ
 2
 W i t t e l s b a c h e r p l a t z
 2, D-80333 Muenchen
 , Germany
 (74) 代理人 100075166
 弁理士 山口 嶽
 (74) 代理人 100133167
 弁理士 山本 浩

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】MRデータの取得方法、B1磁場の決定方法および相応に構成された磁気共鳴装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

磁気共鳴装置(5)によりボリューム部分の内部のMRデータを取得する方法であって、

その方法が、次のステップa)~f)、

- a) 第1の共鳴高周波パルス(31)が照射されるステップ、
 - b) 第2の共鳴高周波パルス(32)が照射されるステップ、
 - c) 第1の共鳴高周波パルス(31)の後でかつ第2の共鳴高周波パルス(32)の前に印加されるディフェーズ用の第1の傾斜磁場(41)が印加されるステップ、
 - d) 第2の共鳴高周波パルス(32)の後に第3の共鳴高周波パルス(33)が照射されるステップ、
 - e) 第1の傾斜磁場(41)によって準備された磁化成分の励起エコー(SE)をリフォーカスするために第3の共鳴高周波パルス(33)の後に第2の傾斜磁場(42)が印加されるステップ、
 - f) MRデータが読み出されるステップ、
- を含むシーケンス(61, 62)により、繰り返しMRデータを取得し、
- 第1のシーケンス(61)の実行時に第1の傾斜磁場(41)および第2の傾斜磁場(42)の少なくとも一方が、第1のシーケンスの実行の直ぐ後に続く第2のシーケンス(62)の実行時の第1の傾斜磁場(41)もしくは第2の傾斜磁場(42)とは異なって設定されている

MR データの取得方法。

【請求項 2】

ボリューム部分が 1 つのスライスを含み、第 1 の共鳴高周波パルス (31) の期間中、第 2 の共鳴高周波パルス (32) の期間中および第 3 の共鳴高周波パルス (33) の期間中に、それぞれ 1 つのスライス選択傾斜磁場が印加されることを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】

第 1 の共鳴高周波パルス (31) により、第 2 の共鳴高周波パルス (32) により、そして第 3 の共鳴高周波パルス (33) により、それぞれ 3 次元のボリューム部分の全体が励起されることを特徴とする請求項 1 記載の方法。

10

【請求項 4】

第 2 の共鳴高周波パルス (32) の後でかつ第 3 の共鳴高周波パルス (33) の前に、磁化の横方向成分をディフェーズするために、スポイラー傾斜磁場 (43) が印加されることを特徴とする請求項 1 乃至 3 の 1 つに記載の方法。

【請求項 5】

第 1 の共鳴高周波パルス (31) および第 2 の共鳴高周波パルス (32) が、それぞれ 90° のフリップ角を有することを特徴とする請求項 1 乃至 4 の 1 つに記載の方法。

【請求項 6】

シーケンス (61; 62) において第 3 の共鳴高周波パルス (33) が照射されるステップと、第 2 の傾斜磁場 (42) が印加されるステップと、読み出しきっぷとが繰り返し実行されることを特徴とする請求項 1 乃至 5 の 1 つに記載の方法。

20

【請求項 7】

磁気共鳴装置 (5) によりボリューム部分の内部の B1 磁場を決定する方法であって、

核スピンの回転運動の位相シフトを検出するために請求項 1 乃至 6 の 1 つに記載の方法が使用され、

その位相シフトが、第 1 のシーケンス および 第 2 のシーケンスの 少なくとも一方 の実行中に非共鳴高周波パルス (34) を照射することによって発生させられ、

その位相シフトに応じて B1 磁場の振幅が決定され、

第 1 の共鳴高周波パルス (31) の後でかつ第 2 の共鳴高周波パルス (32) の前に、非共鳴高周波パルス (34) が照射され、

30

その位相シフトが、第 1 のシーケンス (61) の実行時および第 2 のシーケンス (62) の実行時に取得される MR データに関係して決定される 2 つの位相値の差から決定される

B1 磁場の決定方法。

【請求項 8】

非共鳴高周波パルス (34) が、第 1 のシーケンス (61) の実行中にも第 2 のシーケンス (62) の実行中にも生成され、

第 1 のシーケンス (61) の実行時に非共鳴高周波パルス (34) が第 1 の周波数を有し、

第 2 のシーケンス (62) の実行時に非共鳴高周波パルス (34) が第 1 の周波数とは異なる第 2 の周波数を有することを特徴とする請求項 7 記載の方法。

40

【請求項 9】

非共鳴高周波パルス (34) の周波数が、2 つの相前後するシーケンス (61, 62) において、一方のシーケンスではスピン系の周波数を上回り、他方のシーケンスではスピン系の周波数を下回ることを特徴とする請求項 8 記載の方法。

【請求項 10】

シーケンスが 3 回実行され、

3 つのシーケンスのうち第 1 のシーケンスでは非共鳴高周波パルス (34) が照射されず、

3 つのシーケンスのうち第 2 および第 3 のシーケンスでは非共鳴高周波パルス (34)

50

が照射され、

第2のシーケンスでの非共鳴高周波パルス(34)の周波数が、第3のシーケンスでの非共鳴高周波パルス(34)の周波数とは異なることを特徴とする請求項7記載の方法。

【請求項11】

複数の送信チャンネル(9)を有する磁気共鳴装置(5)において、少なくとも1つの送信チャンネル(9)によって生成されるB1磁場を決定するために、非共鳴高周波パルス(34)が、2つのシーケンス(61, 62)においてそれぞれ複数の送信チャンネル(9)のうち同じ少なくとも1つの送信チャンネルによって照射されることを特徴とする請求項7乃至10の1つに記載の方法。

【請求項12】

10

ボリューム部分の内部のMRデータを取得する磁気共鳴装置であって、

磁気共鳴装置(5)が、静磁場磁石(1)と、傾斜磁場システム(3)と、少なくとも1つの高周波アンテナ(4)と、少なくとも1つの受信コイル要素と、傾斜磁場システム(3)および少なくとも1つの高周波アンテナ(4)を制御し、少なくとも1つの受信コイル要素によって収集された測定信号を受信し、それらの測定信号を評価しつつMRデータを生成するための制御装置(10)とを含み、

磁気共鳴装置(5)が、MRデータを取得するシーケンス(61; 62)を繰り返し実行するべく、シーケンス(61; 62)ごとに、

a) 少なくとも1つの高周波アンテナ(4)により、第1の共鳴高周波パルス(31)を照射し、

20

b) 少なくとも1つの高周波アンテナ(4)により、第2の共鳴高周波パルス(32)を照射し、

c) 傾斜磁場システム(3)により、第1の共鳴高周波パルス(31)の後でかつ第2の共鳴高周波パルス(32)の前に、ディフェーズ用の第1の傾斜磁場(41)を印加し、

d) 少なくとも1つの高周波アンテナ(4)により、第2の共鳴高周波パルス(32)の後に第3の共鳴高周波パルス(33)を照射し、

e) 傾斜磁場システム(3)により、第1の傾斜磁場(41)によって準備された磁化成分の励起エコーをリフォーカスするために第3の共鳴高周波パルス(33)の後に第2の傾斜磁場(42)を印加し、

f) MRデータを読み出す

30

ように構成されており、かつ

磁気共鳴装置(5)が、第1のシーケンス(61)の実行時に第1の傾斜磁場(41)および第2の傾斜磁場(42)の少なくとも一方を、第1のシーケンス(61)の実行の直ぐ後に続く第2のシーケンス(62)の実行時の第1の傾斜磁場(41)もしくは第2の傾斜磁場(42)とは異ならせて設定するように構成されている磁気共鳴装置。

【請求項13】

磁気共鳴装置(5)が請求項1乃至11の1つに記載の方法を実施するように構成されていることを特徴とする請求項12記載の磁気共鳴装置。

【請求項14】

40

プログラムを含み、磁気共鳴装置(5)のプログラム可能な制御装置(10)のメモリに直接にロード可能であり、プログラムが磁気共鳴装置(5)の制御装置(10)において実行される際に請求項1乃至11の1つに記載の方法の全てのステップを実行するためのプログラム手段を有するコンピュータプログラム。

【請求項15】

磁気共鳴装置(5)の制御装置(10)内でのデータ媒体(21)の使用時に請求項1乃至11の1つに記載の方法を実行するように構成されている、電子的に読み取可能な制御情報が記憶されている電子的に読み取可能なデータ媒体。

【発明の詳細な説明】

50

【技術分野】**【0001】**

本発明は、一方では、例えばMR画像生成のためのMRデータの取得方法に関し、他方ではB1磁場の決定方法に関する。更に、本発明は、前記方法の一方または両方を実施するように構成されている磁気共鳴装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

被検体の検査領域内にあるB1磁場の正確な認識が、磁気共鳴トモグラフィの分野における多くの用途にとって、例えばマルチチャネル送信動作の際の高周波パルスの算定または定量的なT1検査にとって非常に重要である。被検体固有の伝導率および磁化率の変化に基づいて、高い静的なB0磁場（例えば、3テスラ以上）では、B1磁場の明確な位置関係性の変化が生じる。従って、調整された規定の送信出力において実際に存在する被検体固有のB1磁場を決定することが、多くの用途にとって不可欠である。

【0003】

実際のB1磁場を決定するための実現可能性が、所謂プロッホ・シーゲルト法によって提供される（例えば、特許文献1および非特許文献1参照）。この方法では、非共鳴高周波パルスにより生成される核スピンの位相シフトが測定される。その位相シフトの大きさに基づいて、非共鳴高周波パルスによって生成されたB1磁場のB1振幅が算定される。

【0004】

実際のB1磁場を決定するための高速化された方法も公知である（例えば、非特許文献2参照）。

【0005】

例えばMR画像を生成する他の公知のMR法の場合には、励起エコーが生成され、その励起エコーがMRデータの読み出し時に検出される。この場合には、前回のシーケンスにおいて準備された磁化が今回のシーケンスのために取得されるMRデータに不都合な影響もしくは質の悪化を生じるという問題が発生する。それによって、例えば、MRデータから再構成されたMR画像内にアーチファクトが発生する。励起エコーに基づくこのようなMR法をB1磁場の決定のために使用する場合、不都合なことに、その問題によって、位相シフト、従ってB1磁場振幅の誤った決定がなされる。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0006】**

【特許文献1】獨国特許出願公開第102010017315号明細書

【非特許文献】**【0007】**

【非特許文献1】L.Sacolick et.al., "B1 mapping by Bloch-Siegert shift", Magn. Reason. Med. 2010; 63: p.1315-1322

【非特許文献2】K.Nehrke et.al., "Fast B1 Mapping using a STEAM-based Bloch-Siegert Preparation", Proc. Intl. Soc. Mag. Reason. Med. 19 (2011); p.4411

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0008】**

本発明の課題は、励起エコーに基づく一般的なMR法および特にB1磁場の決定方法において、上記の問題を少なくとも軽減することにある。

【課題を解決するための手段】**【0009】**

本発明によれば、この課題は、請求項1記載のMRデータの取得方法によって、請求項7記載のB1磁場の決定方法によって、請求項12記載の磁気共鳴装置によって、請求項14記載のコンピュータプログラム製品によって、そして請求項15記載の電子的に読み取可能なデータ媒体によって解決される。従属請求項は、本発明の好ましくて有利な実施形

10

20

30

40

50

態を定義する。

【0010】

本発明の範囲内において、磁気共鳴装置によりボリューム部分の内部のMRデータを取得する方法が提供される。この方法は、MRデータを取得するために、次のステップa)~f)を含むシーケンスを繰り返し使用する。

a) 第1の共鳴高周波パルスが照射されるステップ、

b) 第2の共鳴高周波パルスが照射されるステップ、

c) 第1の共鳴高周波パルスの後でかつ第2の共鳴高周波パルスの前に印加されるディフェーズ用の第1の傾斜磁場が印加されるステップ、

d) 第2の共鳴高周波パルスの後に照射される第3の共鳴高周波パルスが照射されるステップ、

e) 第1の傾斜磁場によって準備された磁化成分の励起エコーをリフォーカスするために第3の共鳴高周波パルスの後に印加される第2の傾斜磁場が印加されるステップ(その際に特に、この第2の傾斜磁場は、第1の傾斜磁場に、例えば両傾斜磁場の極性が同じであるように合わされている。)、

f) MRデータが読み出されるステップ。

【0011】

或る特定のシーケンス(以下において、第1のシーケンスまたは前回のシーケンスともいう)における第1の傾斜磁場および/または第2の傾斜磁場が、時間的にその或る特定のシーケンスの直ぐ後に続く他のシーケンス(以下において、第2のシーケンスまたは今回の中のシーケンスともいう)における第1もしくは第2の傾斜磁場とは異なる。換言するならば、第2のシーケンスの第1の傾斜磁場が第1のシーケンスの第1の傾斜磁場とは異なるか、第2のシーケンスの第2の傾斜磁場が第1のシーケンスの第2の傾斜磁場とは異なるか、第2のシーケンスの第1および第2の傾斜磁場が第1および第2の傾斜磁場とは異なるかのいずれかである。第1の傾斜磁場も第2の傾斜磁場も変化させる場合に、第1のシーケンスの第1の傾斜磁場によって生成される傾斜磁場モーメントと第2のシーケンスの第1の傾斜磁場によって生成される傾斜磁場モーメントとの間の差モーメントが、第1のシーケンスの第2の傾斜磁場によって生成される傾斜磁場モーメントと第2のシーケンスの第2の傾斜磁場によって生成される傾斜磁場モーメントとの間の差モーメントに等しいと有利である。

【0012】

共鳴高周波パルスはフリップ角を有し、そのフリップ角だけ、殆ど高周波パルスに対応する周波数を有する核スピンの高周波パルスが偏向もしくは傾斜させられる。これに対して非共鳴高周波パルスはフリップ角を持たないので、非共鳴高周波パルスは核スピンの表示角に影響を及ぼさない。

【0013】

傾斜磁場の印加とは、相応の傾斜磁場モーメントを生じることを意味する。傾斜磁場もしくは傾斜磁場モーメントは、1つの空間方向、2つの空間方向、または3つの全空間方向における成分を有し得る。換言するならば、第1の傾斜磁場も第2の傾斜磁場も全ての空間軸において適用されてよい。更に、第1の傾斜磁場モーメント(即ち、第1の傾斜磁場によって生成される傾斜磁場モーメント)も、第2の傾斜磁場モーメント(即ち、第2の傾斜磁場によって生成される傾斜磁場モーメント)も、その他の理由からシーケンスの構成要素である傾斜磁場モーメントに付け加えることができる。

【0014】

相前後して続くシーケンスもしくは撮像において、第1の傾斜磁場つまり第1の傾斜磁場モーメントか、第2の傾斜磁場つまり第2の傾斜磁場モーメントかのいずれか一方または両方を異ならせて設定することによって、有利なことに、MRデータの読み出し時に、同一のシーケンスもしくは撮像内で、(第1の傾斜磁場モーメントによって)準備された(縦方向の)磁化成分のエコーのみがリフォーカスされる。前回のシーケンスの(縦方向の)磁化成分は、異なったディフェージングを有し、今回のシーケンスの読み出し時には

10

20

30

40

50

有利なことにリフォーカスされない。換言するならば、今回のシーケンスの読み出し時点では、当該シーケンスの準備部分において準備された（縦方向の）磁化成分に由来する励起工コーのみが検出される。従って、測定されるMRデータの質の悪化が防止または軽減され、それによって、有利なことに、MRデータから作成されるMR画像内の画像アーチファクトが同様に少なくとも低減される。

【0015】

今回のシーケンスの読み出し時点で今回のシーケンスの期間中に準備された磁化成分に由来する励起工コーのみを検出するためには、第1の傾斜磁場つまり第1の傾斜磁場モーメントと、第2の傾斜磁場もしくは第2の傾斜磁場モーメントとが互いに合わされているか、もしくはある規定の関係を持たなければならない。一般には、第1の傾斜磁場モーメントの規定のパーセンテージだけの増大（縮小）が、第2の傾斜磁場モーメントの同じパーセンテージだけの増大（縮小）を生じることが重要である。両傾斜磁場モーメント間の関係は、例えばMRデータの読み出しの時間的長さに関係する。

10

【0016】

本発明によれば、B1磁場を決定すべきボリューム部分が、1つのスライスを含むか、または1つのスライスからなるとよい。この場合に、第1の共鳴高周波パルスの期間中に、第2の共鳴高周波パルスの期間中に、そして第3の共鳴高周波パルスの期間中に、それぞれ1つのスライス選択傾斜磁場が印加され、従って共鳴高周波パルスは、主に、その1つのスライスの核スピンにのみ影響を及ぼす。

【0017】

20

もちろん、本発明によれば、第1、第2、第3の共鳴高周波パルスが、それぞれ3次元のボリューム部分を励起することも可能である。

【0018】

換言するならば、本発明は、2次元の、つまりスライスごとのMRデータ取得においても、3次元のMRデータ取得においても使用可能である。

【0019】

好ましい本発明による実施形態によれば、第2の共鳴高周波パルスの後でかつ第3の共鳴高周波パルスの前に、横磁化成分をディフェーズするspoiler傾斜磁場が印加される。

【0020】

30

有利なことに、spoiler傾斜磁場つまりspoiler傾斜磁場モーメントによって、MRデータの読み出し時に磁化の横方向成分がもはやほぼ信号につまり結果に影響しないように、その横磁化成分を強くディフェーズすることができる。

【0021】

第1の共鳴高周波パルスおよび第2の共鳴高周波パルスが、それぞれ90°のフリップ角を有するとよい。

【0022】

90°のフリップ角を有する第1の共鳴高周波パルスの使用によって、磁化が、（他のフリップ角に比べて）最適に強く（縦方向に対して垂直な）横方向平面に偏向させられる。似たようにして、90°のフリップ角を有する第2の共鳴高周波パルスによって、磁化が再び縦方向に向けられる。第1の共鳴高周波パルスのフリップ角が90°である場合には、元の磁化の最大の成分を、横方向平面へ偏向させて第1の傾斜磁場によりディフェーズすることができる。第2の共鳴高周波パルスのフリップ角が90°である場合には、第1の傾斜磁場によってディフェーズされた、つまり準備された磁化全体が縦磁化成分に移行させられる（そして、第3の共鳴高周波パルスによって再び横磁化へ変換されるまでは、縦磁化成分の状態で、いわば記憶されている）。

40

【0023】

しかし、例えば不均一性に基づいて、いつでも90°のフリップ角が得られるとは限らない。従って、ここで明確に述べておくに、本発明は、第1および第2の共鳴高周波パルスが90°のフリップ角を持たなければならないことを前提とするものではない。

50

【0024】

両共鳴高周波パルスが90°とは異なるフリップ角を有する場合には、各共鳴高周波パルスの照射前に存在する磁化成分の或る特定の割合が残る。90°からの第1および第2の共鳴高周波パルスの実際のフリップ角の偏差が大きいほど、前回のシーケンスにおいて準備された磁化が、今回のシーケンスの励起エコーにますます大きく影響する。換言するならば、本発明は、実際のフリップ角の90°からの偏差が大きければ大きいほど、一層重要である。

【0025】

特に、第3の共鳴高周波パルスが照射されるステップと、第2の傾斜磁場が印加されるステップと、読み出しステップとが繰り返し（つまり複数回）実行される。

10

【0026】

上述のステップを繰り返し（複数回）実行することによって、有利なことに、k空間全体（または少なくともk空間の一部）が走査される。それによって、有利なことに、ボリューム部分の任意の個所のMRデータ（振幅および位相）が決定される。

【0027】

本発明によれば、シーケンスの終端で（（最後の）MRデータ読み出し後に）、相対的に大きいフリップ角（80°～90°）を有する他の（最終の）共鳴高周波パルスを照射し、それに続いて他のスパイラー傾斜磁場を印加することもできる。他の共鳴高周波パルスは縦磁化を横磁化に変換し、それに続きその横磁化は他のスパイラー傾斜磁場によってディフェーズされるので、もはや後続のシーケンスにおいて測定信号に影響しない。

20

【0028】

本発明において、磁気共鳴装置によりボリューム部分の内部のB1磁場を決定する方法も提供される。本発明によるB1磁場の決定方法は、非共鳴高周波パルスの照射によって生成される核スピンの回転運動の位相シフト（位相ずれ）を検出するために、本発明によるMRデータの取得方法を使用する。この位相シフトに応じて、B1磁場の決定方法はB1磁場の振幅を決定する。そのために、非共鳴高周波パルスは第1の共鳴高周波パルスの後でかつ第2の共鳴高周波パルスの前に照射される。当業者にとって、非共鳴高周波パルスが第1の傾斜磁場の前に照射されるか、第1の傾斜磁場の後に照射されるかのいずれかであることは自明である。非共鳴高周波パルスは、或る特定のシーケンス（第1のシーケンス）の期間中および／またはその直後に続く他のシーケンス（第2のシーケンス）の期間中に照射される。

30

【0029】

換言するならば、本発明によるB1磁場の決定方法は、次の3つの実施形態を含む。

（1）非共鳴高周波パルスが、第1のシーケンスの期間中にも第2のシーケンスの期間中にも照射される。

（2）非共鳴高周波パルスが、第1のシーケンスの期間中にのみ照射され、第2のシーケンスの期間中には照射されない。

（3）非共鳴高周波パルスが、第1のシーケンスの期間中には照射されないが、第2のシーケンスの期間中に照射される。

【0030】

40

非共鳴(non-resonant)高周波パルスが、第1のシーケンスの期間中にも第2のシーケンスの期間中にも照射される場合には、非共鳴高周波パルスは、有利なことに、第1のシーケンスにおいて第1の周波数を有し、他のシーケンスにおいて第1の周波数とは異なる第2の周波数を有する。

【0031】

位相シフトは、第1のシーケンスの期間中に取得されたMRデータに基づいて決定された位相値と、第2のシーケンスの期間中に取得されたMRデータに基づいて決定された位相値との差に基づいて算定される。換言するならば、実際のB1磁場を決定する位相シフトは、第1のシーケンスと第2のシーケンスとによって検出される2つの位相値の差に基づいて決定される。

50

【0032】

この場合に、B1磁場は、位相シフト に関係して次式(1)により決定される。

【数1】

$$\phi = \int_0^T \frac{(\gamma B_1(t))^2}{2\omega_{HF}(t)} dt \quad (1)$$

【0033】

上式において、 ω_{HF} は所謂「オフレゾナンス角周波数 (off-angular frequency)」に相当し、従ってスピニ系の角周波数 (system angular frequency) と非共鳴高周波パルスの角周波数との間の偏差に相当する。 ω_{HF} は磁気回転比である。Tは、例えば4~8 msの範囲にある非共鳴高周波パルスの全パルス時間に相当する。

10

【0034】

ここで言及しておくに、 $B_1(t)$ はB1磁場の時間的経過に相当し、このB1磁場の時間的推移は(振幅を含めて)既知であると仮定される。というのは、非共鳴高周波パルスの適用されたパルス形状は既知であるからである。B1磁場の時間的経過の知識により上式(1)に基づいてB1振幅を求めることができる。

【0035】

好ましい本発明による実施形態によれば、2つの相前後するシーケンスにおける非共鳴高周波パルスの周波数は、一方のシーケンスではスピニ系の周波数を上回り、かつ他方のシーケンスではスピニ系の周波数を下回る。

20

【0036】

例えば、非共鳴高周波パルスの周波数fが、第1(第2)のシーケンスでは次式(2)に従って決定され、第2(第1)のシーケンスでは次式(3)に従って決定され、ここでは第2のシーケンスが第1のシーケンスの直後に実行されるものと仮定されている。

$$f = f_{sys} + f_{HF} \quad (2)$$

$$f = f_{sys} - f_{HF} \quad (3)$$

【0037】

上式(2)および(3)において、 f_{sys} はスピニ系の周波数 (system frequency: 共鳴周波数に相当する)に相当し、 f_{HF} はスピニ系の周波数に対する非共鳴高周波パルスの周波数fの差、従って所謂オフレゾナンス周波数 (off-frequency) に相当する。例えばオフレゾナンス周波数 f_{HF} は200~800 Hzの範囲にある。

30

【0038】

好ましい本発明による実施形態によれば、シーケンスが3回実行される。この場合に、非共鳴高周波パルスが、これらの3つのシーケンスのうち厳密に1つのシーケンスにおいて照射されず、従って3つのシーケンスのうち2つシーケンスにおいて照射される。この実施形態の場合にも非共鳴高周波パルスが照射される両シーケンスにおいて非共鳴高周波パルスの周波数を異ならせて設定することが重要である。

【0039】

3つのシーケンスを用いてB1磁場を求める際に、3つのシーケンスのうち1つのシーケンスでは非共鳴高周波パルスの照射をしないことによって、有利なことに、B1磁場を2つのシーケンスのみで決定する他の本発明による実施形態の場合におけるよりも良好にシステム的なエラーを識別することができる。

40

【0040】

複数の送信チャンネルまたは複数の高周波送信アンテナを有する磁気共鳴装置において、非共鳴高周波パルスが2つのシーケンスにおいてそれぞれ同一グループの送信チャンネルまたは高周波送信アンテナによって照射される。これは、それにより、このグループによって生成されるB1磁場を測定または決定するためである。当該グループは、1つのみの送信チャンネルまたは1つのみの高周波送信アンテナによって構成されていてもよい。

【0041】

50

この方法によって、有利なことに、送信チャンネルの任意の配列に対して（例えば個別に各送信チャンネルに対して、または複数の送信チャンネルの任意の組み合わせに対して）B1磁場を決定することができる。

【0042】

非共鳴高周波パルスの周波数が例えば一方のシーケンスではスピニ系の周波数より低くなりかつ他方のシーケンスではスピニ系の周波数より高くなるように選ばれているそれぞれ2つのシーケンスを含む本発明によるB1磁場の決定方法の場合に、例えばN個の送信チャンネル配列についてB1磁場を決定するためには、その方法をN回実行すればよい。非共鳴高周波パルスは、その都度、該当配列に対応する送信チャンネルのみに、または該当配列に対応する送信チャンネルグループのみに適用される。

10

【0043】

従来技術によれば、このケースでは、本発明によって解消される問題が非常に顕著に発生する。何故ならば、1つのチャンネルグループによって準備される磁化がこのチャンネルグループの後に続くチャンネルグループの測定に影響を及ぼし、これが、不都合なことにB1磁場の決定の際に付加的な質の悪化を生じていたからである。

【0044】

本発明において、ボリューム部分の内部のMRデータを取得する磁気共鳴装置も提供される。磁気共鳴装置は、静磁場磁石と、傾斜磁場システムと、少なくとも1つの高周波送信／受信アンテナと、少なくとも1つの受信コイル要素と、制御装置とを有する。その制御装置は、傾斜磁場システムおよび少なくとも1つの高周波送信／受信アンテナを制御するため使用される。更に、制御装置は、少なくとも1つの高周波送信／受信アンテナまたは少なくとも1つの受信コイル要素によって検出された測定信号を受信するように構成されている。磁気共鳴装置は、MRデータを取得するために後続のシーケンスを繰り返し（つまり複数回）実行するように構成されている。そのために、磁気共鳴装置は、少なくとも1つの高周波アンテナにより、第1の共鳴高周波パルスおよび第2の共鳴高周波パルスを照射し、傾斜磁場システムにより、第1の共鳴高周波パルスの後でかつ第2の共鳴高周波パルスの前にディフェーズ用の第1の傾斜磁場を印加し、少なくとも1つの高周波アンテナにより、第2の共鳴高周波パルスの後に第3の共鳴高周波パルスを照射し、傾斜磁場システムにより、第1の傾斜磁場によって準備された磁化成分の励起エコーをリフォーカスする第2の傾斜磁場を第3の高周波パルスの後に印加し、そしてMRデータを読み出すように構成されている。更に、磁気共鳴装置は、第1のシーケンスの実行時の第1（第2）の傾斜磁場を、第2のシーケンスの実行時の第1（第2）の傾斜磁場とは異ならせて選定するように構成されている。この場合に、第2のシーケンスの実行は第1のシーケンスの実行の直ぐ後に続く。

20

【0045】

更に、磁気共鳴装置は、磁気共鳴装置がB1磁場を決定する方法を実施するように構成されている。そのために、磁気共鳴装置は、第1のシーケンスの実行時に第1の周波数を有する非共鳴高周波パルスを照射し、第2のシーケンスの実行時に第1の周波数とは異なる第2の周波数を有する非共鳴高周波パルスを照射するように構成されている。更に、磁気共鳴装置は、第1のシーケンスの実行時および第2のシーケンスの実行時に取得されるMRデータから決定される2つの位相値の差から位相シフトを決定し、その位相シフトに応じてB1磁場を決定するように構成されている。

30

【0046】

本発明による磁気共鳴装置の利点は、殆ど、既に詳述した本発明による方法の利点に対応するので、ここで繰り返して説明することはしない。

40

【0047】

更に、本発明は、磁気共鳴装置のプログラム可能な制御装置もしくは計算ユニットのメモリにロードすることができるコンピュータプログラム製品、特にプログラムまたはソフトウェアに関する。このコンピュータプログラム製品により、当該製品が制御装置にて作動するとき、本発明による方法の全てまたはさまざまの既述の実施形態が実施可能である

50

。コンピュータプログラム製品は、方法の相応の実施形態を実現するために、場合によつては、プログラム手段、例えばライブラリおよび補助機能を必要とする。換言するならば、コンピュータプログラム製品に関する請求項により、特に、本発明による方法の上述の実施形態の1つを実施可能にするコンピュータプログラムまたはソフトウェア、またはこの実施形態を実施するコンピュータプログラムまたはソフトウェアが保護されるべきである。そのソフトウェアは、なおもコンパイルされて結合されるかまたは翻訳されさえすればよいソースコード（例えば、C++）であつてよいし、または実行するために相応の計算ユニットもしくは制御装置にロードするだけでよい実行可能なソフトウェアコードであつてよい。

【 0 0 4 8 】

10

更に、本発明は、電子的に読み取可能な制御情報、特にソフトウェア（上記参照）が記憶されている電子的に読み取可能なデータ媒体、例えばDVD、磁気テープまたはUSBスティックに関する。これらの制御情報（ソフトウェア）をデータ媒体から読み取って磁気共鳴装置の制御装置もしくは計算ユニットに格納すれば、上述の方法の全ての本発明による実施形態を実施することができる。

〔 0 0 4 9 〕

本発明によって、有利なことに、MRデータ取得の際に、従ってB1磁場を求める際にも、不完全なT1緩和によってひき起こされるシステム的なエラーを低減することができる。本発明は、そのために、相前後するシーケンスの間、つまりシーケンスの実行の間ににおいて、完全なT1緩和を待たなくても、この測定誤差の低減を可能にし、それによって、有利なことに測定時間を短縮することができ、それにも拘らず画像アーチファクトを低減することができる。

[0 0 5 0]

本発明は、特に拡散イメージング法およびB1磁場の決定方法に適している。もちろん本発明はこの好ましい適用範囲に限定されない。というのは、本発明はS T E A M準備に基づくあらゆる方法に殆ど使用できるからである。ここにおいて、S T E A Mは“Stimulated Echo Acquisition Mode”を表す。

[0 0 5 1]

以下において、図面を参照しながら本発明の実施形態に基づいて本発明を詳細に説明する。

【図面の簡単な説明】

[0 0 5 2]

【図1】図1は本発明による磁気共鳴装置を示す概略図である。

【図2】図2は本発明によるシーケンス図である。

【図3】図3は本発明によるシーケンスの第1の実行時および第2の実行時に生じる異なる磁化成分を示す図である。

【図4】図4は本発明によるB1磁場決定方法のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

[0 0 5 3]

[0 0 5 4]

静磁場磁石 1 の中には 3 つの部分巻線からなる円筒状の傾斜磁場コイルシステム 3 が挿入されている。各部分巻線は、增幅器から、直交座標系の各方向に線形の（時間的にも可

40

50

変の) 傾斜磁場を発生するための電流を供給される。傾斜磁場システム 3 の第 1 の部分巻線は x 方向の傾斜磁場 G_x を発生し、第 2 の部分巻線は y 方向の傾斜磁場 G_y を発生し、第 3 の部分巻線は z 方向の傾斜磁場 G_z を発生する。各増幅器は、傾斜磁場パルスを時間正しく生成するためにシーケンス制御部 18 によって制御されるディジタル・アナログ変換器 (D A C) を含む。

【 0 0 5 5 】

傾斜磁場システム 3 内に 1 つ (または複数) の高周波アンテナ 4 がある。高周波アンテナ 4 は、高周波電力増幅器から送出される高周波パルスを、被検体 0 もしくは被検体 0 の検査領域の核を励起させて核スピンを整列させるための交番磁場に変換し、または M R 信号の検出も行う。各高周波アンテナ 4 は、コンポーネントコイルのリング状の、特に直線状もしくはマトリックス状の配置形式で、1 つまたは複数の高周波送信コイルおよび 1 つまたは複数の高周波受信コイルから構成されている。各高周波アンテナ 4 の高周波受信コイルによって、歳差運動する核スピンから出る交番磁場、即ち、一般に 1 つまたは複数の高周波パルスと 1 つまたは複数の傾斜磁場パルスとからなるパルスシーケンスによって生じる核スピンエコー信号が電圧 (測定信号) に変換される。この電圧は増幅器 7 を介して高周波システム 22 の高周波受信チャネル 8 に供給される。磁気共鳴装置 5 の制御装置 10 の一部である高周波システム 22 は、更に送信チャネル 9 を含み、この送信チャネル 9 において、核磁気共鳴を励起させるための高周波パルスが発生される。各高周波パルスは、装置コンピュータ 20 からシーケンス制御部 18 に予め与えられるパルスシーケンスに基づいて、ディジタルで複素数列として表される。この複素数列は、実数部および虚数部としてそれぞれ 1 つの入力端 12 を介して高周波システム 22 内のディジタル・アナログ変換器 (D A C) に供給され、そしてそのディジタル・アナログ変換器から送信チャネル 9 に供給される。送信チャネル 9 においては、パルスシーケンスが高周波キャリア信号に変調される。高周波キャリア信号は、中間周波数に相当する基本周波数を有する。

【 0 0 5 6 】

送信動作から受信動作への切換は送受信切換器 6 を介して行われる。1 つまたは複数の高周波アンテナ 4 の高周波送信コイルは、核スピンを励起して B_1 磁場を発生させるための高周波パルス (共鳴および非共鳴の高周波パルス) を測定ボリューム M へ照射する。その結果生じるエコー信号が 1 つまたは複数の高周波受信コイルを介して走査される。このようにして得られた核共鳴信号は、高周波システム 22 の受信チャネル 8' (第 1 の復調器) において中間周波数に位相敏感に復調され、アナログ・ディジタル変換器 (A D C) においてディジタル化される。この信号は更に周波数 0 に復調される。周波数 0 への復調と、実数部および虚数部への分離とは、ディジタル化後に第 2 の復調器 8 内のディジタル領域で行われる。画像コンピュータ 17 により、そのようにして出力端 11 を介して得られた測定データから、M R 画像、即ち 3 次元画像データセットが再構成される。測定データ、画像データおよび制御プログラムの管理は装置コンピュータ 20 を介して行われる。予め与えられた制御プログラムに基づいて、シーケンス制御部 18 が、その都度所望されるパルスシーケンスの発生および k 空間の相応の走査を制御する。特に、シーケンス制御部 18 は、傾斜磁場の時間正しい切り換えと、定められた位相および振幅を有する高周波パルスの送出と、核共鳴信号の受信とを制御する。高周波システム 22 およびシーケンス制御 18 のための時間基準にシンセサイザ 19 が使用される。例えば D V D 21 に記憶された M R アンギオグラフィ画像の発生のための適切な制御プログラムの選択と、発生された M R 画像の表示とが、キーボード 15 、マウス 16 および画面 14 を含む端末装置 13 を介して行われる。

【 0 0 5 7 】

図 2 には、 B_1 磁場を決定するための本発明によるシーケンスの最も重要な構成要素が示されている。各シーケンスは、準備部分 51 と、読み出し部分 52 とに区分することができる。

【 0 0 5 8 】

準備部分 51 においては、先ず、最善で 90° のフリップ角を有する第 1 の共鳴高周波

10

20

30

40

50

パルス 3 1 が照射され、この後に、同様に最善で 90° のフリップ角を有する第 2 の共鳴高周波パルスパルス 3 2 が続く。両共鳴高周波パルス 3 1, 3 2 の間では、第 1 の傾斜磁場モーメントを有する第 1 の傾斜磁場 4 1 の印加によって、磁化がディフェーズされる。付加的に両共鳴高周波パルス 3 1, 3 2 の間で非共鳴高周波パルス 3 4 が照射される。この非共鳴高周波パルス 3 4 は、一方で B 1 磁場を生じさせ、他方で各個所に存在する B 1 磁場強度に関係した位相シフトを引き起こさせる。ここで指摘しておくに、第 1 の傾斜磁場 4 1 は、非共鳴高周波パルス 3 4 の前にも後にも印加することができる。

【 0 0 5 9 】

第 2 の共鳴高周波パルス 3 2 の後に存在する磁化は次の磁場成分に分かれている。

準備されていない縦方向成分；これは準備されていない初期磁化に相当する、

10

準備された縦方向成分；これは選択された傾斜磁場モーメントによって、つまり第 1 の傾斜磁場 4 1 の印加によってディフェーズされた、従って準備された縦方向成分である。

横方向成分。

【 0 0 6 0 】

これらの成分に対する磁化の相対的な配分は、主として、準備部分 5 1 において両共鳴高周波パルス 3 1, 3 2 によって発生される偏向角、即ちフリップ角に関係する。

【 0 0 6 1 】

磁化の横方向成分は、強いスパイラー傾斜磁場 4 3 によって、その横磁化成分が後続の読み出し部分 5 2 において信号もしくは結果 (MR データの読み出し) に殆ど影響しないように強くディフェーズされるとよい。

20

【 0 0 6 2 】

MR データの読み出しのために、その都度、規定のフリップ角を有する第 3 の共鳴高周波パルス 3 3 が照射され、この第 3 の共鳴高周波パルス 3 3 の後に、リフェーズもしくはリフォーカスする第 2 の傾斜磁場 4 2 が続き、この第 2 の傾斜磁場 4 2 により規定の傾斜磁場モーメントが発生される。これに続いて、他の (読み出し) 傾斜磁場 4 4 が照射されている間、MR データが読み出される。

【 0 0 6 3 】

例えば k 空間全体を読み出すためには、新たな準備部分 5 1 を有する新たなシーケンスを実行する前に、第 3 の共鳴高周波パルス 3 3 が照射されるステップと、第 2 の傾斜磁場 4 2 の印加と、傾斜磁場 4 4 の照射時の MR データの読み出しとを相応に何回も繰り返せばよい。

30

【 0 0 6 4 】

ここで指摘しておくに、図 2 に示されている傾斜磁場 4 1 ~ 4 4 に加えて、他の傾斜磁場、例えば位相エンコード傾斜磁場、スライス選択傾斜磁場または他のスパイラー傾斜磁場を、任意の方向において (例えばフロー補償のために) 照射することができる。

【 0 0 6 5 】

図 3 には、特定の磁化成分と、それら磁化成分のディフェージングとが概略的に示されている。Z₀ は準備されてない初期状態、つまり元々存在する縦方向成分に相当し、Z₁ は準備部分 5 1 によって準備された縦方向成分に相当する。傾斜磁場によって影響を及ぼされない縦磁化成分は、図 3 において水平方向に推移するように示されている。横磁化成分は、図 3 において斜めに推移し、それにより傾斜磁場のディフェージング作用が表されている。

40

【 0 0 6 6 】

第 1 の共鳴高周波パルス 3 1 の照射によって横方向成分が発生され、続いてその横方向成分が第 1 の傾斜磁場モーメント 4 1 によってディフェーズされ、従って準備される。第 2 の共鳴高周波パルス 3 2 により、横方向成分の規定の割合が縦方向に傾斜させられ、つまり縦方向成分 Z₁ に移行させられる。縦方向成分は傾斜磁場モーメントによって影響されないので、横方向成分のうち縦方向に傾斜させられた成分は、第 2 の高周波パルス 3 2 の照射によって、少なくとも縦磁化の規定の部分が第 3 の共鳴高周波パルス 3 3 により再び横磁化に変換されるまで、いわば記憶される。第 2 の傾斜磁場モーメント 4 2 の印加に

50

よって規定の時点で励起エコー S E が生成され、MR データの読み出し時に読み出される。

【 0 0 6 7 】

非共鳴高周波パルス 3 4 の照射によって、核スピンの回転運動において位相シフトが発生される。その位相シフトの大きさは、同様に照射された非共鳴高周波パルス 3 4 によって発生される実際の B 1 磁場の強度に関係する。

【 0 0 6 8 】

本発明に従って、第 2 のシーケンス 6 2 が時間的に第 1 のシーケンス 6 1 の直後に実行されるとき、第 1 のシーケンス 6 1 によって準備された縦方向成分 5 3 はまだ減衰していない。第 1 の高周波パルス 3 1 のフリップ角または励起角が 90° とは異なる場合には、第 1 のシーケンス 6 1 において準備された縦磁化成分 Z 1 の一部が残っている。第 2 のシーケンス 6 2 の読み出し部分 5 2 において存在する Z 1 成分は、このケースでは、本発明が使用されなかったならば、異なるシーケンス適用で（この例では、第 1 のシーケンス 6 1 と第 2 のシーケンス 6 2 とにより）準備された成分からなる。符号 5 3 により第 1 のシーケンス 6 1 に由来する磁化が示され、この磁化は、第 1 の共鳴高周波パルス 3 1 および第 2 の共鳴高周波パルス 3 2 によって少なくとも部分的に横方向成分および / または縦方向成分に変換される。

【 0 0 6 9 】

本発明によれば、第 1 のシーケンス 6 1 における第 1 の傾斜磁場 4 1 を第 2 のシーケンス 6 2 における第 1 の傾斜磁場 4 1 とは異ならせるか、第 1 のシーケンス 6 1 における第 2 の傾斜磁場 4 2 を第 2 のシーケンス 6 2 における第 2 の傾斜磁場 4 2 とは異ならせるかのいずれか一方または両方を選ぶことによって、第 2 のシーケンス 6 2 の読み出し部分 5 2 において励起エコーが第 1 のシーケンス 6 1 の磁化成分によっても形成されることが回避される。相前後するシーケンス 6 1, 6 2 において第 1 の傾斜磁場モーメント 4 1 と第 2 傾斜磁場モーメント 4 2 とのうちに一方または両方を異ならせて選ぶことにより、第 2 のシーケンス 6 2 の読み出し部分 5 2 における或る特定の時点で第 2 のシーケンス 6 2 の準備部分 5 1 においても準備された縦磁化成分のエコーのみがリフオーカスされる。前回のシーケンスの縦磁化成分は、傾斜磁場モーメント 4 1, 4 2 の異なる選択によって異なるディフェージングを有するので、MR データ読み出し時に今回のシーケンス 6 2 によっても準備された励起エコーのみが検出される。従って、取得された MR データの質の悪化が回避され、それによって B 1 磁場を本発明に従って決定する際に質の悪化のない位相を測定することができ、それゆえ正しい B 1 磁場を決定することができる。

【 0 0 7 0 】

そのために、好ましい本発明による実施形態によれば、第 2 のシーケンス 6 2 の第 1 の傾斜磁場モーメント 4 1 には、第 1 のシーケンス 6 1 の第 1 の傾斜磁場 4 1 に比べ、或る差モーメントが加算もしくは減算され、第 2 のシーケンス 6 2 の第 2 の傾斜磁場 4 2 にも、第 1 のシーケンス 6 1 の第 2 の傾斜磁場 4 2 に比べ、前記と同じ差モーメントが加算もしくは減算される。換言するならば、この実施形態では、1 つのシーケンスの 2 つの傾斜磁場モーメントまたは傾斜磁場 4 1, 4 2 が、直ぐ次のシーケンスに対して同じ差モーメントだけ変化させられる。

【 0 0 7 1 】

図 4 には、B 1 磁場を決定するための本発明による方法のフローチャートが示されている。

【 0 0 7 2 】

或る特定のもしくは任意のシーケンスの期間中に、第 1 のステップ S 1 において第 1 の共鳴高周波パルス 3 1 が照射され、次に第 2 のステップ S 2 においてディフェーズ用の第 1 の傾斜磁場 4 1 が印加される。第 4 のステップ S 4 において第 2 の共鳴高周波パルス 3 2 が照射される前に、第 3 のステップ S 3 において非共鳴高周波パルス 3 4 が照射され、この非共鳴高周波パルス 3 4 が、一方で測定すべき B 1 磁場を発生し、他方で位相シフト（位相ずれ）を発生する。横磁化を消失させるために、第 5 のステップ S 5 においてスポ

10

20

30

40

50

イラー傾斜磁場 4 3 が印加される。ステップ S 1 ~ S 4 はシーケンス 6 1 , 6 2 の準備部分 5 1 に属する。

【 0 0 7 3 】

シーケンス 6 1 , 6 2 の読み出し部分 5 2 は、第 3 の共鳴高周波パルス 3 3 が照射されるステップ S 6 から始まる。次に、ステップ S 7 において、第 2 の傾斜磁場 4 2 が印加されて、励起エコー S E が生成される。この励起エコー S E は M R データの読み出し時に検出される。ステップ S 6 および S 7 は、例えば k 空間全体が読み出されるまで任意に何回も繰り返される。

【 0 0 7 4 】

k 空間全体の記入が終了したとき、取得された M R データに基づいて、ボリューム部分 10 内部の任意の個所について位相値を決定することができる。B 1 磁場を決定する位相シフトは位相値同士の差からしか算定できないので、ある特定のシーケンス（前回のシーケンス）6 1 に直ぐ後に続いて他のシーケンス（今回のシーケンス）6 2 が実行される。今回のシーケンス 6 2 における第 1 の傾斜磁場 4 1 および第 2 の傾斜磁場 4 2 は、本発明によれば、前回のシーケンス 6 1 におけるのとは異なる傾斜磁場モーメントを発生することが、ステップ S 9 によって識別できる。ステップ S 1 ~ S 5（準備部分 5 1 ）が、今回のシーケンス 6 2 について改めて実行され、それに続く読み出し部分 5 2 においてステップ S 6 および S 7 が再び、例えば k 空間全体が完全に読み出されるまで任意に何回も繰り返される。

【 0 0 7 5 】

両シーケンス 6 1 , 6 2 の実行後に、前回のシーケンス 6 1 からの位相値と今回のシーケンス 6 2 からの位相値との差から位相シフトを決定することができる（ステップ S 10 参照）。予め定められたボリューム部分内の任意の位置に関して算定された位相シフトから、ステップ S 11 で、この位置に関する B 1 振幅が算定される。

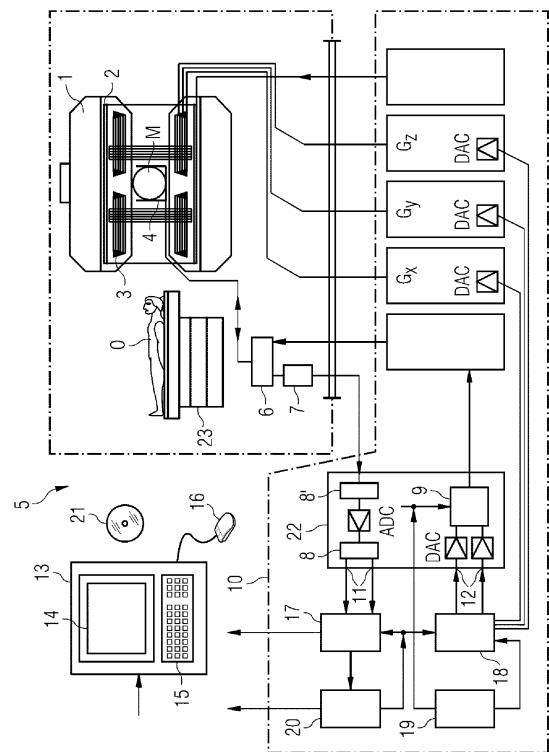
【 符号の説明 】

【 0 0 7 6 】

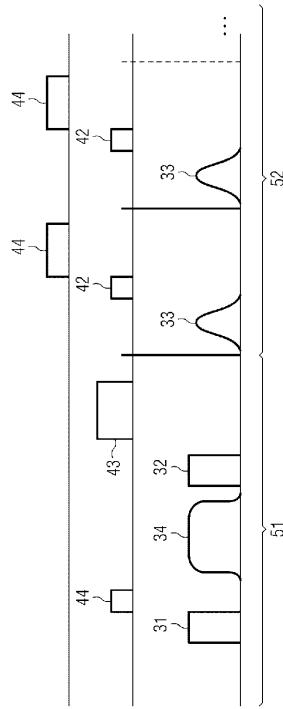
| | | |
|----|---------------------|----|
| 1 | 静磁場磁石 | |
| 2 | シムコイル | |
| 3 | 傾斜磁場システム | |
| 4 | 高周波アンテナ | 30 |
| 5 | 磁気共鳴装置 | |
| 6 | 送受信切換器 | |
| 7 | 増幅器 | |
| 8 | 高周波受信チャネル（第 2 の復調器） | |
| 8' | 受信チャネル（第 1 の復調器） | |
| 9 | 送信チャネル | |
| 10 | 制御装置 | |
| 11 | 出力端 | |
| 12 | 入力端 | |
| 13 | 端末装置 | 40 |
| 14 | 画面 | |
| 15 | キー ボード | |
| 16 | マウス | |
| 17 | 画像コンピュータ | |
| 18 | シーケンス制御部 | |
| 19 | シンセサイザ | |
| 20 | 装置コンピュータ | |
| 21 | D V D | |
| 22 | 高周波システム | |
| 23 | 被検体テーブル | 50 |

| | | |
|-----------------|---------------|----|
| 3 1 | 第 1 の共鳴高周波パルス | |
| 3 2 | 第 2 の共鳴高周波パルス | |
| 3 3 | 第 3 の共鳴高周波パルス | |
| 3 4 | 非共鳴高周波パルス | |
| 4 1 | 第 1 の傾斜磁場 | |
| 4 2 | 第 2 の傾斜磁場 | |
| 4 3 | スパイラー傾斜磁場 | |
| 4 4 | 他の（読み出し）傾斜磁場 | |
| 5 1 | 準備部分 | 10 |
| 5 2 | 読み出し部分 | |
| 5 3 | 縦方向成分 | |
| 6 1 | 第 1 のシーケンス | |
| 6 2 | 第 2 のシーケンス | |
| G_x, G_y, G_z | 傾斜磁場 | |
| M | 測定ボリューム | |
| O | 被検体 | |
| S 1 ~ S 1 1 | ステップ | |
| S E | 励起エコー | |
| Z_0 | 準備されていない縦磁化成分 | |
| Z_1 | 準備された縦磁化成分 | 20 |

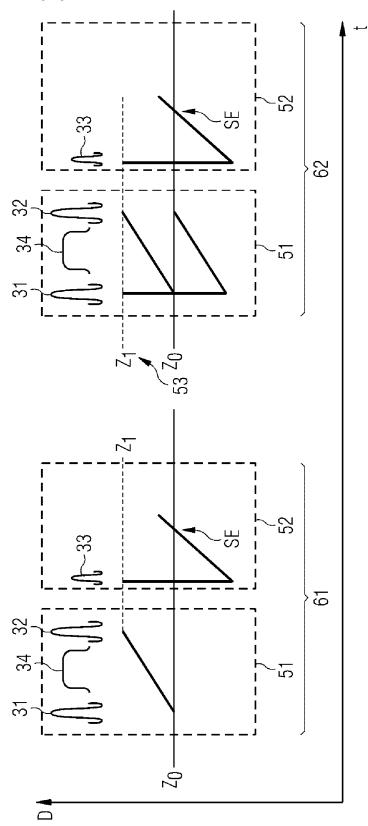
【図 1】



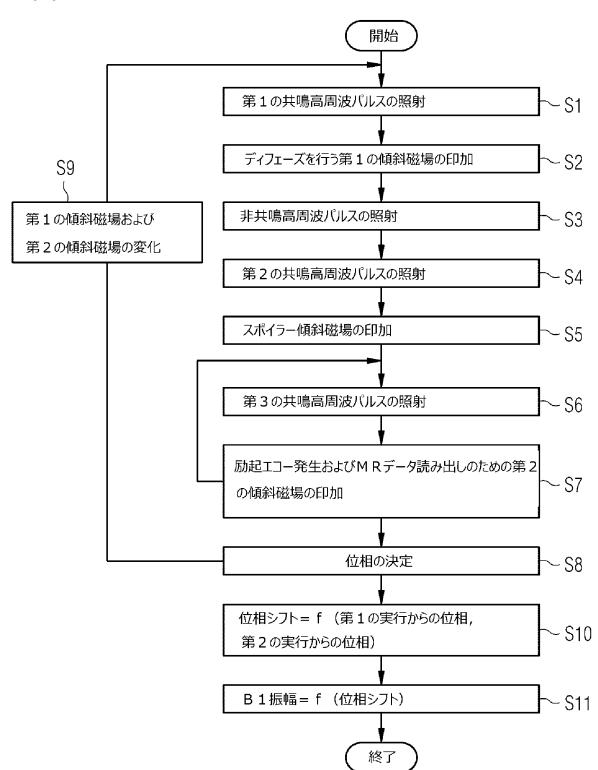
【図 2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 ミヒアエル ケーラー

ドイツ連邦共和国 90409 ニュルンベルク パルクシュトラーセ 42

(72)発明者 トルステン シュペックナー

ドイツ連邦共和国 91058 エアランゲン マズーレンヴェーク 13

審査官 姫島 あや乃

(56)参考文献 国際公開第2012/140536 (WO, A1)

特表2003-506174 (JP, A)

米国特許第7233818 (US, B1)

Kay Nehrke, et al., Free-Breathing Abdominal B1 Mapping at 3T Using the DREAM Approach
, Proc. Int'l. Soc. Mag. Reson. Med. 20, 2012年, #3356

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A 61 B 5 / 055