

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6532657号
(P6532657)

(45) 発行日 令和1年6月19日(2019.6.19)

(24) 登録日 令和1年5月31日(2019.5.31)

(51) Int.Cl.

F I

A 6 1 B 5/055 (2006.01)

A 6 1 B 5/055 3 5 1

請求項の数 13 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2014-156067 (P2014-156067)
 (22) 出願日 平成26年7月31日(2014.7.31)
 (65) 公開番号 特開2016-32528 (P2016-32528A)
 (43) 公開日 平成28年3月10日(2016.3.10)
 審査請求日 平成29年6月20日(2017.6.20)

(73) 特許権者 594164542
 キヤノンメディカルシステムズ株式会社
 栃木県大田原市下石上1385番地
 (74) 代理人 110001380
 特許業務法人東京国際特許事務所
 (72) 発明者 山中 正昭
 栃木県大田原市下石上1385番地 東芝
 メディカルシステムズ株式会社内
 審査官 松本 隆彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 MR I 装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

パルスシーケンスに規定されたRFパルス列を順次発生させるRFパルス発生器と、
 前記RFパルス発生器から順次入力されるRFパルスを夫々増幅する増幅部と、
 増幅後のRFパルスが前記増幅部から出力されるごとに、当該増幅後のRFパルスのピーク出力値を取得するピーク値取得部と、
 前記増幅後のRFパルスのピーク出力値と基準ピーク出力値とに基づいて、補正値を算出する補正値算出部と、
 前記RFパルス列に含まれる後段のRFパルスであって、前記増幅部に入力される前のRFパルスに前記補正値を即時に適用する補正部と、
 を備え、
 前記補正値算出部は、
 前記基準ピーク出力値として、前記RFパルス列の先頭のRFパルスのピーク出力値を設定する、
 MRI装置。

【請求項2】

パルスシーケンスに規定されたRFパルス列を順次発生させるRFパルス発生器と、
 前記RFパルス発生器から順次入力されるRFパルスを夫々増幅する増幅部と、
 増幅後のRFパルスが前記増幅部から出力されるごとに、当該増幅後のRFパルスのピーク出力値を取得するピーク値取得部と、

10

20

前記増幅後のＲＦパルスのピーク出力値と基準ピーク出力値とに基づいて、補正値を算出する補正値算出部と、

前記ＲＦパルス列に含まれる後段のＲＦパルスであって、前記増幅部に入力される前のＲＦパルスに前記補正値を即時に適用する補正部と、

を備え、

前記補正値算出部は、

前記パルスシーケンスを実行中の所定の期間毎に前記基準ピーク出力値を更新する、ＭＲＩ装置。

【請求項３】

パルスシーケンスに規定されたＲＦパルス列を順次発生させるＲＦパルス発生器と、
前記ＲＦパルス発生器から順次入力されるＲＦパルスを夫々増幅する増幅部と、
増幅後のＲＦパルスが前記増幅部から出力されるごとに、当該増幅後のＲＦパルスのピーク出力値を取得するピーク値取得部と、

前記増幅後のＲＦパルスのピーク出力値と基準ピーク出力値とに基づいて、補正値を算出する補正値算出部と、

前記ＲＦパルス列に含まれる後段のＲＦパルスであって、前記増幅部に入力される前のＲＦパルスに前記補正値を即時に適用する補正部と、

を備え、

前記補正値算出部は、

前記増幅部から出力された増幅後のＲＦパルスのうち、いずれかを基準パルスに設定し、前記基準パルスのピーク出力値と、前記基準パルスの後に前記増幅部から出力された増幅後のＲＦパルスのピーク出力値との差から前記補正値を算出する、

ＭＲＩ装置。

【請求項４】

パルスシーケンスに規定されたＲＦパルス列を順次発生させるＲＦパルス発生器と、
前記ＲＦパルス発生器から順次入力されるＲＦパルスを夫々増幅する増幅部と、
増幅後のＲＦパルスが前記増幅部から出力されるごとに、当該増幅後のＲＦパルスのピーク出力値を取得するピーク値取得部と、

前記増幅後のＲＦパルスのピーク出力値と基準ピーク出力値とに基づいて、補正値を算出する補正値算出部と、

前記ＲＦパルス列に含まれる後段のＲＦパルスであって、前記増幅部に入力される前のＲＦパルスに前記補正値を即時に適用する補正部と、

基準パルスの前記基準ピーク出力値を予め記憶している基準パルス記憶部と、

を備え、

前記補正値算出部は、

前記増幅後のＲＦパルスのピーク出力値と、前記基準パルス記憶部に記憶された前記基準ピーク出力値との差から前記補正値を算出する、

ＭＲＩ装置。

【請求項５】

前記ＲＦパルス発生器は、第１出力値のＲＦパルスと第２出力値のＲＦパルスとを含む前記ＲＦパルス列を発生させて前記増幅部に入力し、

前記補正値算出部は、前記第１出力値のＲＦパルス及び前記第２出力値のＲＦパルスのそれぞれに対応する第１基準ピーク出力値及び第２基準ピーク出力値を設定し、

前記基準パルス記憶部は、前記第１基準ピーク出力値及び前記第２基準ピーク出力値を予め記憶し、

前記補正値算出部は、前記基準パルス記憶部に記憶された前記第１基準ピーク出力値及び前記第２基準ピーク出力値を用いる、

請求項４記載のＭＲＩ装置。

【請求項６】

前記基準パルス記憶部は、パルスシーケンスの種類毎に前記基準ピーク出力値を記憶す

10

20

30

40

50

る、

請求項 4 記載の M R I 装置。

【請求項 7】

パルスシーケンスに規定された R F パルス列を順次発生させる R F パルス発生器と、
前記 R F パルス発生器から順次入力される R F パルスを夫々増幅する増幅部と、
増幅後の R F パルスが前記増幅部から出力されるごとに、当該増幅後の R F パルスのピーク出力値を取得するピーク値取得部と、

前記増幅後の R F パルスのピーク出力値と基準ピーク出力値とに基づいて、補正値を算出する補正値算出部と、

前記 R F パルス列に含まれる後段の R F パルスであって、前記増幅部に入力される前の R F パルスに前記補正値を即時に適用する補正部と、

を備え、

前記 R F パルス発生器は、

第 1 出力値の R F パルスと第 2 出力値の R F パルスとを含む前記 R F パルス列を発生させて前記増幅部に入力し、

前記補正値算出部は、

前記第 1 出力値の R F パルス及び前記第 2 出力値の R F パルスのそれぞれに対応する第 1 基準ピーク出力値及び第 2 基準ピーク出力値を設定し、前記第 1 出力値の R F パルスに対応する増幅後の R F パルスのピーク出力値と、前記第 1 基準ピーク出力値との差から第 1 の補正値を算出し、前記第 2 出力値の R F パルスに対応する増幅後の R F パルスのピーク出力値と、前記第 2 基準ピーク出力値との差から第 2 の補正値を算出し、

前記補正部は、

前記第 1 の補正値を前記 R F パルス列に含まれる後段の R F パルスであって、前記増幅部に入力される前の前記第 1 出力値の R F パルスに適用し、前記第 2 の補正値を前記 R F パルス列に含まれる後段の R F パルスであって、前記増幅部に入力される前の前記第 2 出力値の R F パルスに適用する、

M R I 装置。

【請求項 8】

前記補正値算出部は、前記第 1 出力値の R F パルスに対応する増幅後の R F パルスのピーク出力値の 1 つを前記第 1 基準ピーク出力値に設定するとともに、前記第 2 出力値の R F パルスに対応する増幅後の R F パルスのピーク出力値の 1 つを前記第 2 基準ピーク出力値に設定する、

請求項 7 に記載の M R I 装置。

【請求項 9】

パルスシーケンスに規定された R F パルス列を順次発生させる R F パルス発生器と、
前記 R F パルス発生器から順次入力される R F パルスを夫々増幅する増幅部と、
増幅後の R F パルスが前記増幅部から出力されるごとに、当該増幅後の R F パルスのピーク出力値を取得するピーク値取得部と、

前記増幅後の R F パルスのピーク出力値と基準ピーク出力値とに基づいて、補正値を算出する補正値算出部と、

前記 R F パルス列に含まれる後段の R F パルスであって、前記増幅部に入力される前の R F パルスに前記補正値を即時に適用する補正部と、

を備え、

前記補正値算出部は、

複数の撮像プロトコルを備えた 1 つの検査毎、または撮像プロトコル毎に前記基準ピーク出力値を設定する、

M R I 装置。

【請求項 10】

パルスシーケンスに規定された R F パルス列を順次発生させる R F パルス発生器と、

前記 R F パルス発生器から順次入力される R F パルスを夫々増幅する増幅部と、

増幅後の R F パルスが前記増幅部から出力されるごとに、当該増幅後の R F パルスのピーク出力値を取得するピーク値取得部と、

前記増幅後の R F パルスのピーク出力値と基準ピーク出力値とに基づいて、補正値を算出する補正値算出部と、

前記 R F パルス列に含まれる後段の R F パルスであって、前記増幅部に入力される前の R F パルスに前記補正値を即時に適用する補正部と、

を備え、

前記補正値算出部は、

前記増幅部から連続して出力される 2 つの R F パルスの出力間隔が第 1 の期間より短いとき、および前記第 1 の期間より長い第 2 の期間より長いとき、の少なくとも一方のときは、前記増幅部に入力される前の R F パルスに対する前記補正値の適用を行わない、

M R I 装置。

【請求項 1 1】

前記補正部は、前記パルスシーケンスに規定された R F パルス単位で前記補正値の適用を行う、

請求項 1 乃至 1 0 のいずれか 1 項に記載の M R I 装置。

【請求項 1 2】

前記補正値算出部が算出した補正値を記憶する補正値記憶部をさらに備え、

前記補正値算出部は、前記補正値を算出するたびに前記補正値記憶部に記憶された前記補正値を更新する、

請求項 1 乃至請求項 1 1 のいずれか 1 項に記載の M R I 装置。

【請求項 1 3】

前記補正値算出部が算出した補正値を記憶する補正値記憶部をさらに備え、

前記補正値記憶部は、前記第 1 基準ピーク出力値の R F パルスに対応する補正値及び前記第 2 基準ピーク出力値の R F パルスに対応する補正値をそれぞれ記憶する、

請求項 7 または 8 に記載の M R I 装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の一態様としての実施形態は、M R I 装置に関する。

【背景技術】

【0002】

磁気共鳴イメージング (M R I : Magnetic Resonance Imaging) 装置は、静磁場中に置かれた被検体の原子核スピンをラーモア周波数の R F パルスで磁氣的に励起し、この励起に伴って発生する M R 信号から画像を再構成する撮像法である。R F パルスは静磁場によって同一方向にそろえられた原子核スピンの回転方向を変化させ (以下、回転角をフリップ角と呼ぶ)、M R 信号は励起された被検体の原子核スピンの回復するときに発生する。したがって、M R I 装置では、被検体を励起するために、フリップ角が所望の角度となる強度の R F パルスを照射する。このフリップ角は、画質を左右するパラメータの一つであり、必要な R F パルス強度は、たとえば、被検体や R F コイルの位置関係によって変化する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開平 1 1 - 2 9 0 2 8 8 号公報

【特許文献 2】特開平 6 - 3 1 9 7 1 6 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、R F パルスの出力は R F パルスを増幅する R F アンプのゲイン変動の影

10

20

30

40

50

響を受けて変動する。

【0005】

たとえば、RFアンプのゲインは温度変化によって影響を受ける。そのため装置の温度が一定以上に上昇または下降した場合に、空冷または水冷により温度を調整するフィードバック制御機構を備えている。しかしながら、このフィードバック制御機構は、温度が所定の閾値を超える場合に動作するため、装置内の温度は閾値として設定した上限値と下限値の間で変動する。RFアンプ内部では出力と入力との差からゲインの調整を行っているが、この制御自体もRFアンプの温度による変動と同期して影響を受けるため、RFアンプの最終出力であるRFパルス強度は温度によって変動してしまう。

【0006】

このように、RFパルス強度は、スキャン実行中に刻々と変化する。近年、様々な撮像プロトコルがあり、撮像時間が長くなる場合は上述のような温度によるRFパルス強度の不安定性が画質に影響を与え、アーチファクトの原因となってしまう。

【0007】

そこで、所望のRFパルス強度を出力できるMRI装置が要望されている。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本実施形態に係るMRI装置は、パルスシーケンスに規定されたRFパルス列を順次発生させるRFパルス発生器と、前記RFパルス発生器から順次入力されるRFパルスを夫々増幅する増幅部と、増幅後のRFパルスが前記増幅部から出力される毎に、当該増幅後のRFパルスのピーク出力値を取得するピーク値取得部と、前記増幅後のRFパルスのピーク出力値と基準ピーク出力値とに基づいて、補正値を算出する補正値算出部と、前記RFパルス列に含まれる後段のRFパルスであって、前記増幅部に入力される前のRFパルスに前記補正値を即時に適用する補正部と、を備え、前記補正値算出部は、前記基準ピーク出力値として、前記RFパルス列の先頭のRFパルスのピーク出力値を設定するものである。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】実施形態に係るMRI装置の一例を示す概念的な構成図。

【図2】実施形態に係るMRI装置の機能構成例を主に示す機能ブロック図。

【図3】第1の実施形態に係るRFパルスの第1の送信順序を説明する図。

【図4】第1の実施形態に係る動作の一例を示すフローチャート。

【図5】第1の実施形態に係るRFパルスの第2の送信順序を説明する図。

【図6】第2の実施形態に係る動作の一例を示すフローチャート。

【図7】第1の実施形態に係る補正値テーブルを説明する図。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、MRI装置の実施の形態について添付図面を参照して説明する。

【0011】

(1) 構成

図1は、MRI装置のハードウェア構成を示す概略図である。図1に示したMRI装置10は、大きく撮像システム11と制御システム12とから構成される。

【0012】

撮像システム11は、静磁場磁石21、傾斜磁場コイル22、傾斜磁場電源装置23、寝台24、寝台制御部25、送信コイル26、増幅部27、受信コイル28a~28e、受信部29、およびシーケンサ30（シーケンスコントローラ）を備える。

【0013】

静磁場磁石21は、架台（図示しない）の最外部に中空の円筒形状に形成されており、内部空間に一樣な静磁場を発生する。静磁場磁石21としては、たとえば永久磁石あるいは超伝導磁石等が使用される。

【 0 0 1 4 】

傾斜磁場コイル 2 2 は、中空の円筒形状に形成されており、静磁場磁石 2 1 の内側に配置される。傾斜磁場コイル 2 2 は、互いに直交する X、Y、Z の各軸にそれぞれ対応するコイルが組み合わされて形成されている。3 つのコイルは傾斜磁場電源装置 2 3 から個別に電流供給を受けて、X、Y、Z の各軸に沿って磁場強度が変化する傾斜磁場を発生させる。なお、Z 軸方向は、静磁場と同方向とする。傾斜磁場電源装置 2 3 は、シーケンサ 3 0 から送られるパルスシーケンス実行データに基づいて、傾斜磁場コイル 2 2 に電流を供給する。

【 0 0 1 5 】

ここで、傾斜磁場コイル 2 2 によって発生する傾斜磁場にはリードアウト用傾斜磁場 G_r、位相エンコード用傾斜磁場 G_e およびスライス選択用傾斜磁場 G_s がある。リードアウト用傾斜磁場 G_r は、空間的位置に応じて M R 信号の周波数を変化させるために利用される。位相エンコード用傾斜磁場 G_e は、空間的位置に応じて M R 信号の位相を変化させるために利用される。スライス選択用傾斜磁場 G_s は、任意に撮像断面を決めるために利用される。たとえば、アキシアル断面のスライスを取得する場合は、図 1 に示した X、Y、Z の各軸を、リードアウト用傾斜磁場 G_r、位相エンコード用傾斜磁場 G_e、スライス選択用傾斜磁場 G_s にそれぞれ対応させる。

【 0 0 1 6 】

寝台 2 4 は、被検体 P が載置される天板 2 4 a を備えている。寝台 2 4 は、後述する寝台制御部 2 5 による制御のもと、天板 2 4 a を、被検体 P が載置された状態で傾斜磁場コイル 2 2 の空洞（撮像口）内へ挿入する。通常、この寝台 2 4 は、長手方向が静磁場磁石 2 1 の中心軸と平行になるように設置される。

【 0 0 1 7 】

寝台制御部 2 5 は、シーケンサ 3 0 による制御のもと、寝台 2 4 を駆動して、天板 2 4 a を長手方向および上下方向へ移動する。

【 0 0 1 8 】

送信コイル 2 6 は、傾斜磁場コイル 2 2 の内側に配置されており、増幅部 2 7 から高周波（R F : radio Frequency）信号の供給を受けて、R F 磁場を発生する。送信コイル 2 6 は受信コイルとしても使用され、全身用 R F コイルとも呼ばれる。

【 0 0 1 9 】

増幅部 2 7 は、シーケンサ 3 0 から送られるパルスシーケンス実行データに基づいて、ラーモア周波数に対応する R F パルスを増幅し、送信コイル 2 6 に送信する。増幅部 2 7 の構成については後述する。

【 0 0 2 0 】

受信コイル 2 8 a ~ 2 8 e は、傾斜磁場コイル 2 2 の内側に配置されており、R F パルスの送信にตอบสนองして被検体 P から放射される M R 信号を受信する。ここで、受信コイル 2 8 a ~ 2 8 e は、それぞれ、被検体 P から発せられた M R 信号をそれぞれ受信する複数の要素コイルを有するアレイコイルであり、各要素コイルによって M R 信号が受信されると、受信された M R 信号を受信部 2 9 へ出力する。

【 0 0 2 1 】

受信コイル 2 8 a は、被検体 P の頭部に装着される頭部用のコイルである。また、受信コイル 2 8 b , 2 8 c は、それぞれ、被検体 P の背中と天板 2 4 a との間に配置される脊椎用のコイルである。また、受信コイル 2 8 d , 2 8 e は、それぞれ、被検体 P の腹側に装着される腹部用のコイルである。また、M R I 装置 1 0 は、送受信兼用のコイルを備えてもよい。

【 0 0 2 2 】

受信部 2 9 は、シーケンサ 3 0 から送られるパルスシーケンス実行データに基づいて、受信コイル 2 8 a ~ 2 8 e から出力される M R 信号に基づいて M R 信号データを生成する。また、受信部 2 9 は、M R 信号データを生成すると、その M R 信号データをシーケンサ 3 0 を介して制御システム 1 2 に送信する。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 3 】

なお、受信部 2 9 は、受信コイル 2 8 a ~ 2 8 e が有する複数の要素コイルから出力される M R 信号を受信するための複数の受信チャンネルを有している。そして、受信部 2 9 は、撮像に用いる要素コイルが制御システム 1 2 から通知された場合には、通知された要素コイルから出力された M R 信号が受信されるように、通知された要素コイルに対して受信チャンネルを割り当てる。

【 0 0 2 4 】

シーケンサ 3 0 は、傾斜磁場電源装置 2 3、寝台制御部 2 5、増幅部 2 7、受信部 2 9、および制御システム 1 2 と接続される。シーケンサ 3 0 は、図示しないプロセッサ、たとえば C P U (central processing unit) およびメモリを備えており、傾斜磁場電源装

10

置 2 3、寝台制御部 2 5、増幅部 2 7、および受信部 2 9 を駆動させるために必要な制御情報、たとえば傾斜磁場電源装置 2 3 に印加すべきパルス電流の強度や印加時間、印加タイミング等の動作制御情報を記述したパルスシーケンス実行データを記憶する。

【 0 0 2 5 】

また、シーケンサ 3 0 は、記憶した所定のパルスシーケンス実行データに従って寝台制御部 2 5 を駆動させることによって、天板 2 4 a を架台に対して Z 方向に進退させる。さらに、シーケンサ 3 0 は、記憶した所定のパルスシーケンス実行データに従って傾斜磁場電源装置 2 3、増幅部 2 7、および受信部 2 9 を駆動させることによって、架台内に X 軸傾斜磁場 G_x 、Y 軸傾斜磁場 G_y 、Z 軸傾斜磁場 G_z および R F パルスを発生させる。

20

【 0 0 2 6 】

制御システム 1 2 は、M R I 装置 1 0 の全体制御や、データ収集、画像再構成などを行う。制御システム 1 2 は、インターフェース部 3 1、データ収集部 3 2、データ処理部 3 3、記憶部 3 4、表示部 3 5、入力部 3 6、および制御部 3 7 を有する。

【 0 0 2 7 】

インターフェース部 3 1 は、シーケンサ 3 0 を介して撮像システム 1 1 の傾斜磁場電源装置 2 3、寝台制御部 2 5、増幅部 2 7、および受信部 2 9 に接続されており、これらの接続された各部と制御システム 1 2 との間で授受される信号の入出力を制御する。

【 0 0 2 8 】

データ収集部 3 2 は、インターフェース部 3 1 を介して、受信部 2 9 から送信される M R 信号データを収集する。データ収集部 3 2 は、M R 信号データを収集すると、収集した

30

【 0 0 2 9 】

データ処理部 3 3 は、記憶部 3 4 に記憶されている M R 信号データに対して、後処理すなわちフーリエ変換等の再構成処理を施すことによって、被検体 P 内における所望核スピンのスペクトラムデータあるいは画像データを生成する。また、データ処理部 3 3 は、位置決め画像の撮像が行われる場合には、受信コイル 2 8 a ~ 2 8 e が有する複数の要素コイルそれぞれによって受信された M R 信号に基づいて、要素コイルの配列方向における M R 信号の分布を示すプロファイルデータを要素コイル毎に生成する。そして、データ処理部 3 3 は、生成した各種データを記憶部 3 4 に格納する。

【 0 0 3 0 】

記憶部 3 4 は、データ収集部 3 2 によって収集された M R 信号データと、データ処理部 3 3 によって生成された画像データ等を、被検体 P 毎に記憶する。

40

【 0 0 3 1 】

表示部 3 5 は、データ処理部 3 3 によって生成されたスペクトラムデータあるいは画像データ等の各種の情報を表示する。表示部 3 5 としては、液晶表示器等の表示デバイスを利用可能である。

【 0 0 3 2 】

入力部 3 6 は、操作者から各種操作や情報入力を受け付ける。入力部 3 6 としては、マウスやトラックボール等のポインティングデバイス、モード切替スイッチ等の選択デバイス、あるいはキーボード等の入力デバイスを適宜に利用可能である。

50

【 0 0 3 3 】

制御部 37 は、図示していない CPU やメモリ等を有し、上述した各部を制御することによって MRI 装置 10 を総括的に制御する。

【 0 0 3 4 】

図 2 は、実施形態に係る MRI 装置 10 の機能構成例を主に示す機能ブロック図である。図 2 が示すように MRI 装置 10 の増幅部 27 はシーケンサ 30 からの制御により RF パルスを増幅し、送信コイル 26 に出力する。増幅部 27 は、RF パルス発生器 41、D / A (digital to analog) 変換器 42、RF アンプ 43、方向性結合器 44、検波器 45、A / D (analog to digital) 変換器 46、ピーク値取得部 47、補正值算出部 48、補正值記憶部 49、基準パルス記憶部 51、補正部 52、冷却装置 53 を有する。そのうち、RF パルス発生器 41、ピーク値取得部 47、補正值算出部 48、補正值記憶部 49、基準パルス記憶部 51、補正部 52 は増幅部 27 において図示していない CPU やメモリ等によりデジタル処理で実現される機能である。

10

【 0 0 3 5 】

RF パルス発生器 41 は、第 1 の RF パルスを時系列で発生させる。あるいは、複数の異なる出力値の第 1 の RF パルスを繰り返し発生させる。RF パルス発生器 41 は、シーケンサ 30 の制御に従って周波数変換前の基準となる RF パルス (第 1 の RF パルス) を発生させる。シーケンサ 30 に記憶されたパルスシーケンス実行データは撮像のタイムチャートであり、RF パルスの出力タイミングや強度などの情報を備えている。RF パルス発生器 41 で発生する第 1 の RF パルスは、たとえば、sinc 関数を包絡線とする信号である。RF パルス発生器 41 で時系列に発生する第 1 の RF パルスについては後述する。

20

【 0 0 3 6 】

D / A 変換器 42 は、RF パルス発生器 41 で発生した第 1 の RF パルスをアナログ信号に変換する。アナログ変換されたラーモア周波数に周波数変換され、RF アンプ 43 で増幅される。

【 0 0 3 7 】

RF アンプ 43 は、第 1 の RF パルスを増幅し第 2 の RF パルスを出力する。RF アンプ 43 は第 1 の RF パルスを所望の電力に増幅する。RF アンプ 43 は扱う電力が大きく発熱量が大きい装置であり、水や空気などによる冷却装置 53 を備えている。しかしながら、上述したとおり、RF アンプ 43 の冷却装置 53 は温度が所定の閾値を超える場合に動作するため、RF アンプ 43 内の温度は閾値として設定した上限値と下限値の間で変動する。したがって、RF アンプ 43 により出力される RF パルスの強度は、RF アンプ 43 の温度変動によって変動する。

30

【 0 0 3 8 】

方向性結合器 44 は、RF アンプ 43 と送信コイル 26 との間に配役される高周波デバイスである。RF アンプ 43 から送信コイル 26 に伝送される第 2 の RF パルスを所要の結合度 (カップリング係数) で減衰させて取り出し、検波器 45 に送る。

【 0 0 3 9 】

検波器 45 は、送信コイル 26 に伝送される第 2 の RF パルスを検波し、A / D 変換機 46 に出力する。

40

【 0 0 4 0 】

A / D 変換器 46 は、検波器 45 で検波された第 2 の RF パルスをデジタル変換する。

【 0 0 4 1 】

ピーク値取得部 47 は、第 2 の RF パルスのピーク出力値を取得する。

【 0 0 4 2 】

補正值算出部 48 は、所定の基準パルスに対応するピーク出力値を基準ピーク出力値とし、基準ピーク出力値と第 2 の RF パルスのピーク出力値との差から補正值を算出する。補正值算出部 48 での補正值算出方法については後述する。

【 0 0 4 3 】

補正值記憶部 49 は、補正值算出部 48 で算出された補正值を記憶する。また、複数の

50

異なる出力値毎に算出された補正値を記憶する。補正値記憶部 49 で記憶される補正値については後述する。

【0044】

基準パルス記憶部 51 は、基準 RF パルスのピーク出力値を予め記憶している。また、パルスシーケンスの種類毎に基準パルスのピーク出力値を記憶する。

【0045】

補正部 52 は、RF パルス発生器 41 で発生する第 1 の RF パルスの出力を補正値により補正する。

【0046】

(2) 動作

増幅部 27 から出力された第 2 の RF パルスのうち、いずれかを基準パルスとし、基準パルスの後に出力された第 2 の RF パルスと比較して補正値を算出する方法を「第 1 の実施形態」とし、基準パルスを予め記憶しておき、記憶した基準パルスと出力した第 2 の RF パルスとを比較して補正値を算出する方法を「第 2 の実施形態」として動作を説明する。

【0047】

(第 1 の実施形態)

第 1 の実施形態は、増幅部 27 から出力された第 2 の RF パルスのうち、いずれかを基準パルスとし、基準パルスの後に出力された第 2 の RF パルスと比較して補正値を算出する方法に関する。

【0048】

図 3 は、第 1 の実施形態に係る RF パルスの第 1 の送信順序を説明する図である。図 3 は同じ強度の RF パルスが連続して送信される例を示している。図 3 の左から RF パルス 1、RF パルス 2、RF パルス 3 . . . RF パルス N が順に送信され、N 回の RF パルスが送信される例を示している。それぞれの RF パルスはパルスシーケンス実行データに規定された所定の間隔毎に出力される。

【0049】

以下、図 3 に示した RF パルスの出力順序に基づいて第 1 の実施形態に係る動作を説明する。

【0050】

図 4 は、第 1 の実施形態に係る動作の一例を示すフローチャートである。

【0051】

ST101 では、シーケンサ 30 がパルスシーケンス実行データからパルス出力順序を取得する。図 3 に示した N 回の RF パルスを順に出力する場合、パルス出力順序 i の初期値を 1、終値を N として、i が 1 ずつ増加する。

【0052】

ST103 では、RF パルス発生器 41 が RF パルスを発生させる。

【0053】

ST105 では、RF アンプ 43 が RF パルスを増幅し送信コイル 26 に出力する。

【0054】

ST107 では、ピーク値取得部 47 が送信された RF パルスのピーク出力値を取得する。

【0055】

ST109 では、補正値算出部 48 が RF パルスが 2 回以上送信されたかを判断する。補正値算出部 48 は、たとえば、ピーク値取得部 47 で取得されたピーク値が 2 つ以上存在する場合、2 回以上送信されたと判断する。2 回以上送信されたと判断された場合 (Yes) は、ST113 以降で補正値が算出される。一方、2 回以上送信されていないと判断された場合 (No) は、ST103 で次の順序の RF パルスが生成される。

【0056】

ST111 では、補正値算出部 48 おいて最初に送信される RF パルスを基準パルスと

10

20

30

40

50

して、基準パルスのピーク出力値と、基準パルスの後に送信された R F パルスのピーク出力値との差を求め、補正值を算出する。

【 0 0 5 7 】

図 3 の例を用いて具体的に説明すると、R F パルス 1 が送信されるとピーク値取得部 4 7 によりピーク出力値 1 が取得される。補正值算出部 4 8 は、R F パルス 1 のピーク出力値 1 しか存在しないため (S T 1 0 9 N o)、補正值の算出は行わない。次に送信される R F パルス 2 が送信されるとピーク値取得部 4 7 によりピーク出力値 2 が取得される。この場合、R F パルス 1 のピーク出力値 1 と R F パルス 2 のピーク出力値 2 が存在するため (S T 1 0 9 Y e s)、補正值算出部 4 8 は補正值を算出できる。

【 0 0 5 8 】

たとえば、R F パルス 1 のピーク出力値 1 を A 1、R F パルス 2 のピーク出力値 2 を A 2 とすると、補正值 C は下記の式により求められる。

$$\text{補正值 } C = A 1 / A 2 \cdots (1)$$

【 0 0 5 9 】

上述の式により求めた補正值を R F パルスに乘じて、振幅値 (ピーク値) を補正することができる。補正值算出部 4 8 で補正值が算出されたら、算出された補正值により次に発生する R F パルスの補正を行う。

【 0 0 6 0 】

S T 1 1 5 では、シーケンサ 3 0 が次の順序 (i + 1) の R F パルスを発生させるよう、R F パルス発生器 4 1 に指示する。図 3 の例では、R F パルス 3 が出力される。

【 0 0 6 1 】

S T 1 1 7 では、R F パルス発生器 4 1 が R F パルスを発生させる。

【 0 0 6 2 】

S T 1 1 9 では、補正部 5 2 が R F パルス発生器 4 1 で発生した R F パルスを補正する。

【 0 0 6 3 】

S T 1 2 1 では、補正した R F パルスを増幅して送信コイル 2 6 に出力する。

【 0 0 6 4 】

S T 1 2 3 では、ピーク値取得部 4 7 が送信された R F パルスのピーク出力値を取得する。

【 0 0 6 5 】

S T 1 2 5 では、シーケンサ 3 0 がパルスシーケンス実行データに設定された R F パルスがすべて送信されたか否かが判断される。設定された R F パルスがすべて送信されていない場合 (S T 1 2 5 N o)、基準パルスのピーク出力値と新たに取得されたピーク出力値との差から補正值が算出される (S T 1 1 3)。具体的には、図 3 の R F パルス 3 のピーク出力値と、基準パルスに設定された R F パルス 1 のピーク出力値とから補正值が算出される。一方、設定された R F パルスがすべて送信された場合 (S T 1 2 5 Y e s)、すなわち、図 3 の例で R F パルス N まで送信された場合は処理が終了する。

【 0 0 6 6 】

上述のように、出力された R F パルス (図 3 の例では R F パルス 1) を基準パルスとして、基準パルスの後に出力された R F パルスのピーク出力値と、基準パルスのピーク出力値とを比較し補正值を算出することで、新たに出力される R F パルスを補正する。

【 0 0 6 7 】

このように、基準パルスに基づいて出力される R F パルスを補正することにより、基準パルス以降の R F パルスの出力が R F アンプ 4 3 の温度変化によるゲイン変動で変化することを抑制することができ、所望の出力の R F パルスを送信することができる。また、R F パルスを基準パルスと同じ強度で出力することができるため、R F パルス強度のムラが低減し、取得した画像のアーチファクトを予防することができる。

【 0 0 6 8 】

なお、図 4 のフローチャートの例では、撮像プロトコル毎に設定されたパルスシーケン

10

20

30

40

50

ス単位で基準パルスを設定する例を示したが、基準パルスの設定はパルスシーケンス単位に限られない。たとえば、1つの検査は複数の撮像プロトコルから成り、複数のパルスシーケンスが実行される。そこで、検査単位で基準パルスを設定してもよい。また、被検体毎に基準パルスを設定してもよいし、所定の間隔で基準パルスを設定してもよい。

【0069】

また、基準パルスと最初の補正値を算出するためのRFパルスは、撮像に使用しない補正用のパルスとして出力されてもよい。このように補正後のRFパルスのみを使用することで、より安定したRFパルスの出力により画像を取得することが可能である。

【0070】

図3および図4では、出力されるRFパルスが1種類の場合を説明した。しかしながら、撮像プロトコルによっては複数の強度のRFパルスが送信される。たとえば、スピンエコー(SE: spin echo)法では、90°励起パルスと、180°再収束パルスの2種類のRFパルス強度のRFパルスを使用する。このようなパルスシーケンスでは、それぞれのRFパルスを上述の方法で補正する。

【0071】

図5は、第1の実施形態に係るRFパルスの第2の送信順序を説明する図である。図5は、左から、RFパルスAとRFパルスBの2種類が順番に送信される例を示しており、たとえば、90°励起パルスと、180°再収束パルスの2種類のRFパルス強度のRFパルスを送信する場合に当てはまる。

【0072】

図5は、左からRFパルスA1、RFパルスB1、RFパルスA2、RFパルスB2、RFパルスA3、RFパルスB3...RFパルスAN、RFパルスBNが順に送信され、RFパルスAとRFパルスBがN回ずつ送信される例を示している。

【0073】

図5のように異なる強度のRFパルスが送信される場合は、それぞれのパルスについてピーク値が取得され、それぞれのパルスについて基準パルスが設定され、補正値が算出される。具体的には、図5の例では、RFパルスA1とRFパルスB1が基準パルスとして設定される。基準パルスの後に出力されるRFパルスA2のピーク出力値と基準パルス(RFパルスA1)のピーク出力値とを比較し、補正値CA1を算出する。同様に、RFパルスB2のピーク出力値と基準パルス(RFパルスB1)のピーク出力値とを比較し、補正値CB1を算出する。算出された補正値CA1でRFパルスA3を補正し、補正値CB1でRFパルスB3を補正する。

【0074】

このように同じ強度のパルス同士を比較して、それぞれのパルス強度で補正値を算出し、新たに出力される同じ強度のパルスを補正する。

【0075】

図5では、補正値算出部48が、それぞれのパルス種別(たとえば、90°励起パルスと180°再収束パルス)を区別可能な場合を例示しているが、たとえば、パルス強度の差からパルス種別を区別することができる。しかしながらパルス種別が異なる場合であっても、パルス強度が近いRFパルスが出力される場合、ピーク出力値だけでは異なるパルスであるか判断できない場合がある。一方、シーケンス30に記憶されているパルスシーケンス実行データを用いれば、出力されるパルス強度やタイミングなどを判別することができる。また、パルスシーケンス実行データを使用しなくとも、入力部36などから、ユーザがパルスの種類数や出力順序などを入力することで、それぞれのパルスを区別することができる。このように、補正値算出部48はそれぞれのパルスを区別可能な場合のみ補正値を算出するようにしてもよい。また、補正部49は、それぞれのパルスを区別できないとき、誤った補正を回避するため補正を実行しないようにしてもよい。

【0076】

また、RFパルスの出力間隔が所定の閾値より大きい場合、補正部49は、補正を実行しないようにしてもよい。RFパルスの出力間隔が大きい場合、補正値を算出したタイミ

ングと、補正対象のRFパルスを出力するタイミングとでは状況が異なる場合がある。たとえば、RFパルス強度がRFアンプ43により十分に増幅されず、基準パルスの強度より小さかった場合、補正值は強度を大きくするように設定される。次に出力される補正対象のRFパルス強度がRFアンプ43により所望のゲインより大きく増幅された場合、補正值はRFパルスを大きくするように設定されているため、所望のゲインよりかなり大きく出力されてしまう。このような補正が繰り返されると、RFパルスは徐々に大きくなり、最後には発振する。補正部52は発振が発生しないように、RFパルスの出力間隔が所定の閾値より大きい場合は補正を行わないようにしてもよい。

【0077】

このように、送信コイル26に出力されたRFパルス強度に基づいて補正值を算出し、RFアンプ43に☐入力されるRFパルスを補正することで、スキャン中に刻々と変化するRFアンプ43の温度による影響を受けないフィードバック制御を行うことができる。

【0078】

(第2の実施形態)

第2の実施形態は、基準パルスを予め記憶しておき、記憶した基準パルスと出力した第2のRFパルスとを比較して補正值を算出する方法に関する。

【0079】

図6は、第2の実施形態に係る動作の一例を示すフローチャートである。図4のフローチャートと同一の処理については同一の符号を付して説明を省略する。

【0080】

ST201では、補正值算出部48が基準パルス記憶部51から基準パルスのピーク出力値を取得する。基準パルスのピーク出力値は、たとえば、パルスシーケンス実行データに設定されたRFパルス強度などから計算された予測値である。

【0081】

ST203では、補正值算出部48が、基準パルスのピーク出力値と、送信コイル26に送信されたRFパルスのピーク出力値の差から補正值を算出する。

【0082】

たとえば、図3のようにRFパルスが出力される場合、基準パルスのピーク出力値とRFパルス1のピーク出力値とから最初の補正值を算出することができる。第1の実施形態では一番初めに実際に出力されたRFパルスが異常値である場合、その後の補正は異常値に基づいて実施されるため適当でない。第2の実施形態では、基準パルスを予め記憶しておくため、たとえば、正常な条件で取得した値を基準パルスとして設定することもでき、誤った補正を回避することができる。

【0083】

また、図5で示すように異なるRFパルス強度を出力する場合も、それぞれの強度の基準パルスを記憶しておくことで補正することができる。さらに、撮像プロトコル毎に使用するRFパルスは異なるため、撮像プロトコル毎に規定されたパルスシーケンス実行データに応じて、基準パルスを記憶していてもよい。

【0084】

なお、第1の実施形態や第2の実施形態で算出される補正值は、補正值記憶部49に記憶しておいてもよい。

【0085】

図7は、第1の実施形態に係る補正值テーブルを説明する図である。図7の表は、RFパルス強度の違うパルス種別毎に「校正時補正值」、「動作中補正值」が記憶されている。「校正時補正值」は、検査前に行われる自動パワー制御により設定されたゲインのことである。「実行中補正值」は、上述の実施形態で算出される補正值のことである。

【0086】

図7の例では、RFパルス種別が90°パルスの場合、校正時補正值は0.9、動作中補正值は0.8である。同様にRFパルス種別が180°パルスの場合、校正時補正值は、1.2、動作中補正值は1.8である。RFパルス種別が°パルスの場合、校正時

10

20

30

40

50

補正值は、１．１、動作中補正值は１．３である。

【００８７】

R F パルスはパルス種別毎に標準的なゲインを予め備えており、検査前の自動パワー制御により補正され、さらに本実施形態で算出される補正值が算出されている場合は、動作中補正值によって補正される。パルス種別毎の標準的ゲインは、パルス種別毎に設定されていてもよいし、あるパルス種別を基準として設定されていてもよい。パルス種別毎の設定は、MRI装置１０毎に予め設定されていてもよいし、据え付け時などにMRI装置１０で測定した結果を設定してもよい。

【００８８】

補正值記憶部４９は、補正值算出部４８で補正值が算出されるたびに補正值を更新してもよいし、算出されたすべての補正值を記憶していてもよい。

10

【００８９】

このように補正值を記憶しておくことで、たとえば、第２の実施形態で用いる基準パルスの予測値の算出に使用できる。また、継続的に補正值を蓄積することで、RFアンプ４３の冷却装置５３の点検に使用することもできる。上述のように取得した補正值は、RFアンプ４３の冷却装置５３の外から取得される情報であり、冷却装置５３の影響を受けない数値である。したがって、冷却装置５３自体で取得される情報で異常を発見できない場合でも、補正值の推移を分析することで異常を発見することが可能となる。

【００９０】

以上説明した少なくともひとつの実施形態のMRI装置によれば、所望のRFパルス強度を出力できる。

20

【００９１】

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると同様に、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれるものである。

【符号の説明】

【００９２】

30

- １０ MRI装置
- １１ 撮像システム
- １２ 制御システム
- ２１ 静磁場磁石
- ２２ 傾斜磁場コイル
- ２３ 傾斜磁場電源装置
- ２４ 寝台
- ２４ a 天板
- ２５ 寝台制御部
- ２６ 送信コイル
- ２７ 増幅部
- ２８ a ~ e 受信コイル
- ２９ 受信部
- ３０ シーケンサ
- ３１ インターフェース部
- ３２ データ収集部
- ３３ データ処理部
- ３４ 記憶部
- ３５ 表示部
- ３６ 入力部

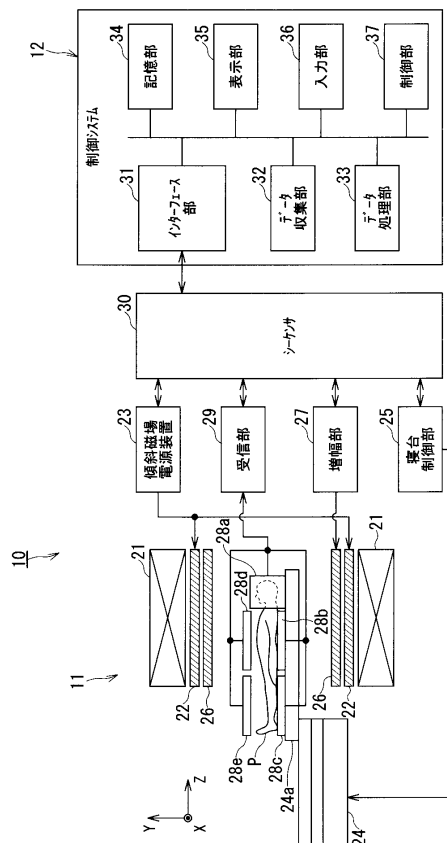
40

50

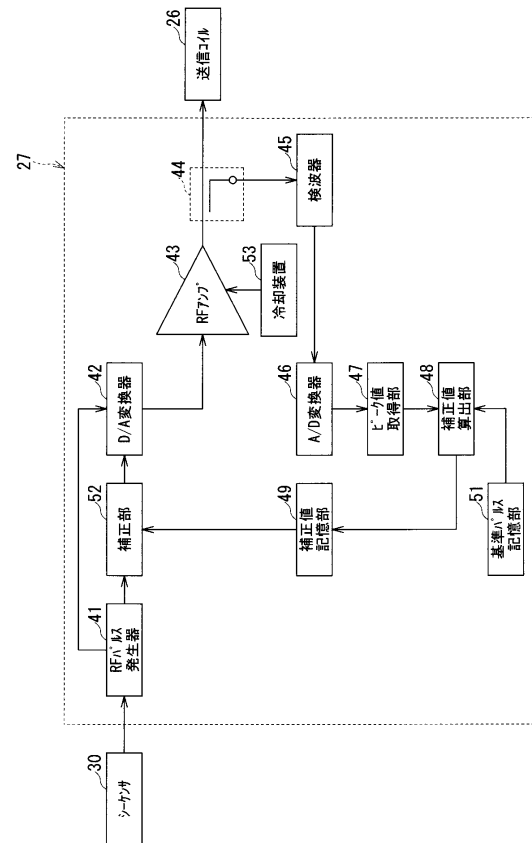
- 3 7 制御部
- 4 1 R F パルス発生器
- 4 2 D / A 変換器
- 4 3 R F アンプ
- 4 4 方向性結合器
- 4 5 検波器
- 4 6 A / D 変換器
- 4 7 ピーク値取得部
- 4 8 補正值算出部
- 4 9 補正值記憶部
- 5 1 基準パルス記憶部
- 5 2 補正部
- 5 3 冷却装置

10

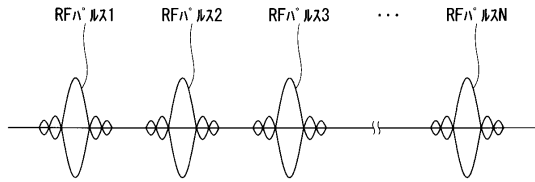
【図 1】



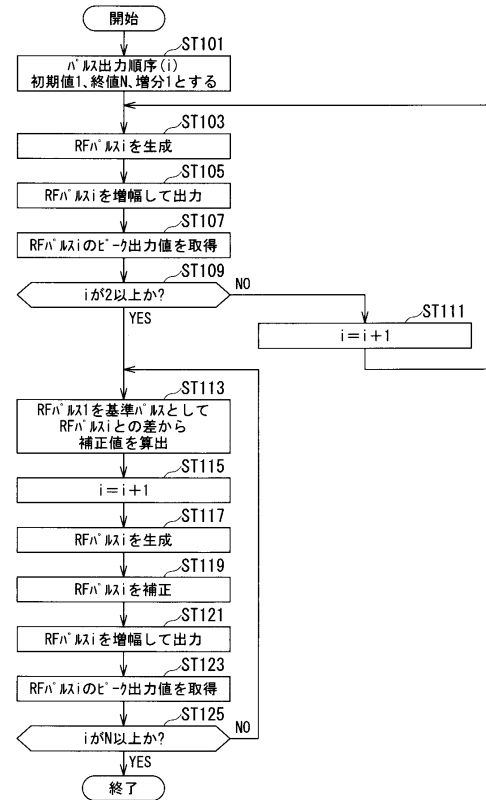
【図 2】



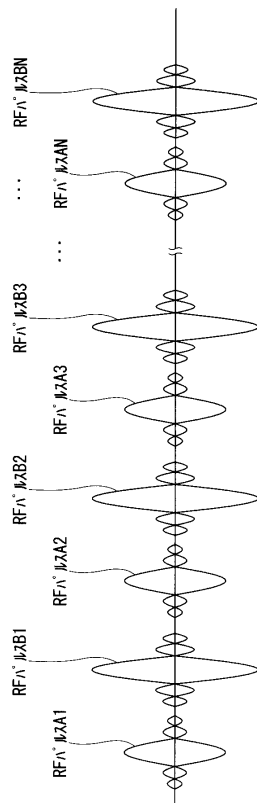
【図 3】



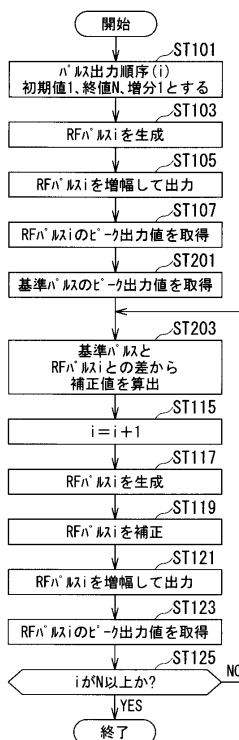
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【図 7】

RFハルス種別	校正時 設定値	動作中 補正值
90° ハルス	0.9	0.8
180° ハルス	1.2	1.8
α° ハルス	1.1	1.3
⋮	⋮	⋮

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2008-284270(JP,A)
特開平05-095929(JP,A)
特開2006-153461(JP,A)
特開2010-172532(JP,A)
特開昭63-192428(JP,A)
特表2010-525855(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A61B5/055
G01R33/36