

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6664939号
(P6664939)

(45) 発行日 令和2年3月13日 (2020.3.13)

(24) 登録日 令和2年2月21日 (2020.2.21)

(51) Int.Cl.

F I

A 6 1 B 5/055 (2006.01)

A 6 1 B 5/055 3 4 O

A 6 1 B 5/055 3 7 O

請求項の数 17 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2015-232243 (P2015-232243)
 (22) 出願日 平成27年11月27日 (2015.11.27)
 (65) 公開番号 特開2017-93994 (P2017-93994A)
 (43) 公開日 平成29年6月1日 (2017.6.1)
 審査請求日 平成30年11月13日 (2018.11.13)

(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 100108855
 弁理士 蔵田 昌俊
 (74) 代理人 100103034
 弁理士 野河 信久
 (74) 代理人 100075672
 弁理士 峰 隆司
 (74) 代理人 100153051
 弁理士 河野 直樹
 (74) 代理人 100140176
 弁理士 砂川 克
 (74) 代理人 100179062
 弁理士 井上 正

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気共鳴イメージング装置及び傾斜磁場電源装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

傾斜磁場を発生する傾斜磁場コイルと、
 前記傾斜磁場コイルに電力を供給する電力供給回路と、
 前記電力に基づいて、前記電力の上限値を、第1の値から前記第1の値よりも高い第2の値に、当該第2の値に対して設定される許容時間の範囲で一時的に変更する制御を実行する制御回路と、
 を具備する磁気共鳴イメージング装置。

【請求項 2】

前記制御回路は、前記電力の前記上限値が前記第2の値に設定された期間に供給された電力に応じて、前記第2の値に設定された前記上限値を、前記第1の値に変更する、
 請求項1に記載の磁気共鳴イメージング装置。

10

【請求項 3】

前記制御回路は、前記電力供給回路によって供給される電力と、前記傾斜磁場コイルに含まれる複数の軸コイルのうち少なくとも1つに供給される電力とを監視する、
 請求項1または2に記載の磁気共鳴イメージング装置。

【請求項 4】

前記制御回路は、前記上限値が前記第2の値に設定されている期間における電力供給の参照値を計算し、

前記参照値は、前記上限値が前記第2の値に設定されている時の経過時間と、前記経過

20

時間に亘る前記電力の積算値と、前記電力の上限値が前記第 2 の値に設定されている期間に亘る前記電力の平均値とのうち少なくとも一つである、

請求項 1 乃至 3 のうちいずれか一項に記載の磁気共鳴イメージング装置。

【請求項 5】

前記制御回路は、前記参照値が所定の閾値に到達したとき前記上限値を前記第 2 の値から前記第 1 の値に変更し、前記第 2 の値に変更しないように前記上限値を制御する、

請求項 4 に記載の磁気共鳴イメージング装置。

【請求項 6】

前記制御回路は、前記電力の前記平均値が前記第 1 の値を下回るとき、前記上限値を前記第 2 の値に制限することを解除する、

請求項 5 に記載の磁気共鳴イメージング装置。

【請求項 7】

撮像条件に基づいて、前記電力と前記上限値を変更可能な時刻と前記経過時間とのうち少なくとも一つを、撮像開始前に予測する処理回路を更に具備する請求項 4 乃至 6 のうちいずれか一項に記載の磁気共鳴イメージング装置。

【請求項 8】

前記処理回路は、前記予測に基づいて、警告をディスプレイに表示させる処理を実行する請求項 7 に記載の磁気共鳴イメージング装置。

【請求項 9】

前記処理回路は、前記予測に基づいて、前記撮像条件に係る撮像シーケンスを最適化する処理を実行する請求項 7 または 8 に記載の磁気共鳴イメージング装置。

【請求項 10】

傾斜磁場を発生する複数の傾斜磁場コイル各々に電力を供給する電力供給回路と、

前記電力に基づいて、前記電力の上限値を、第 1 の値から前記第 1 の値よりも高い第 2 の値に、当該第 2 の値に対して設定される許容時間の範囲で一時的に変更する制御を実行する制御回路と、

を具備する傾斜磁場電源装置。

【請求項 11】

傾斜磁場を発生する傾斜磁場コイルと、

前記傾斜磁場コイルに電力を供給する電力供給回路と、

前記電力に基づいて、前記電力の上限値を、第 1 の値から前記第 1 の値よりも高い第 2 の値に一時的に変更する制御を実行する制御回路と、

を具備し、

前記制御回路は、前記電力の前記上限値が前記第 2 の値に設定された期間に供給された電力に応じて、前記第 2 の値に設定された前記上限値を、前記第 1 の値に変更する、

磁気共鳴イメージング装置。

【請求項 12】

傾斜磁場を発生する傾斜磁場コイルと、

前記傾斜磁場コイルに電力を供給する電力供給回路と、

前記電力に基づいて、前記電力の上限値を、第 1 の値から前記第 1 の値よりも高い第 2 の値に一時的に変更する制御を実行する制御回路と、

を具備し、

前記制御回路は、前記上限値が前記第 2 の値に設定されている期間における電力供給の参照値を計算し、

前記参照値は、前記上限値が前記第 2 の値に設定されている時の経過時間と、前記経過時間に亘る前記電力の積算値と、前記電力の上限値が前記第 2 の値に設定されている期間に亘る前記電力の平均値とのうち少なくとも一つである、

磁気共鳴イメージング装置。

【請求項 13】

前記制御回路は、前記参照値が所定の閾値に到達したとき前記上限値を前記第 2 の値か

10

20

30

40

50

ら前記第 1 の値に変更し、前記第 2 の値に変更しないように前記上限値を制御する、請求項 1 2 に記載の磁気共鳴イメージング装置。

【請求項 1 4】

前記制御回路は、前記電力の前記平均値が前記第 1 の値を下回るとき、前記上限値を前記第 2 の値に制限することを解除する、

請求項 1 3 に記載の磁気共鳴イメージング装置。

【請求項 1 5】

撮像条件に基づいて、前記電力と前記上限値を変更可能な時刻と前記経過時間とのうち少なくとも一つを、撮像開始前に予測する処理回路を更に具備する請求項 1 2 乃至 1 4 のうちいずれか一項に記載の磁気共鳴イメージング装置。

10

【請求項 1 6】

前記処理回路は、前記予測に基づいて、警告をディスプレイに表示させる処理を実行する請求項 1 5 に記載の磁気共鳴イメージング装置。

【請求項 1 7】

前記処理回路は、前記予測に基づいて、前記撮像条件に係る撮像シーケンスを最適化する処理を実行する請求項 1 5 または 1 6 に記載の磁気共鳴イメージング装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、磁気共鳴イメージング装置及び磁気共鳴イメージング装置に用いられる傾斜磁場電源装置に関する。

20

【背景技術】

【0002】

磁気共鳴イメージング(MRI: Magnetic Resonance Imaging)装置は、医用画像診断の分野で広く普及している。MRIとは、磁気共鳴現象に基づく撮像法であって、静磁場が形成された空間に置かれた被検体が有する原子核(^1H 等)スピンを、ラーモア周波数のRF(Radio Frequency)信号で磁氣的に励起し、当該励起に伴って発生する磁気共鳴(MR: Magnetic Resonance)信号から、磁気共鳴イメージング画像を再構成する撮像法である。

【0003】

30

磁気共鳴イメージング装置は、傾斜磁場を発生する傾斜磁場コイルに電力を供給する傾斜磁場電源ユニットを有する。傾斜磁場電源ユニットは、実行する撮像条件に応じて、傾斜磁場コイルに電力を供給する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2013 - 236912 号公報

【特許文献 2】特開 2014 - 030714 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0005】

本発明が解決しようとする課題は、多様な撮像条件に対応可能な磁気共鳴イメージング装置と傾斜磁場電源装置とを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置は、傾斜磁場を発生する傾斜磁場コイルと、前記傾斜磁場コイルに電力を供給する電力供給回路と、前記電力に基づいて、前記電力の上限値を、第 1 の値から前記第 1 の値よりも高い第 2 の値に、当該第 2 の値に対して設定される許容時間の範囲で一時的に変更する制御を実行する制御回路と、を具備する。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 0 7 】

【図 1】図 1 は、実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置の構成を示すブロック図である。

【図 2】図 2 は、実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置が有する傾斜磁場電源ユニットの構成を示すブロック図である。

【図 3】図 3 は、実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置のブースト機能を説明するための、3次元スキャンの一例を示すタイミングチャートである。

【図 4 A】図 4 A は、実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置において、傾斜磁場電源ユニットが有するブーストコントロール機能に係る処理の流れにおける第 1 フェーズを示すフローチャートである。

10

【図 4 B】図 4 B は、実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置において、傾斜磁場電源ユニットが有するブーストコントロール機能に係る処理の流れにおける第 2 フェーズを示すフローチャートである。

【図 4 C】図 4 C は、実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置において、傾斜磁場電源ユニットが有するブーストコントロール機能に係る処理の流れにおける第 3 フェーズを示すフローチャートである。

【図 5】図 5 は、実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置に関して、ブーストコントロール機能の動作の一例（第 2 フェーズ）を示すタイミングチャートである。

【図 6】図 6 は、実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置に関して、ブーストコントロール機能の動作の一例（第 2 フェーズ及び第 3 フェーズ）を示すタイミングチャートである。

20

【発明を実施するための形態】

【 0 0 0 8 】

以下、図面を参照しながら実施形態を説明する。

【 0 0 0 9 】

図 1 は、実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置 1 の構成一例を示すブロック図である。

【 0 0 1 0 】

磁気共鳴イメージング装置 1 は、処理回路 2 0（処理手段）と、記憶回路 2 1 と、シーケンスコントローラ 3 0 と、RF トランシーバ 3 1 と、傾斜磁場電源ユニット 4 と、架台 5 と、寝台 6 と、入力インターフェース回路 7 0 と、表示回路 7 1（表示手段）とを有する。

30

【 0 0 1 1 】

処理回路 2 0 は、実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置 1 に関連する全体動作の処理・制御を行う。処理回路 2 0 は、例えば不図示の中央処理装置（Central Processing Unit：CPU）である。処理回路 2 0 は、記憶回路 2 1 に記憶された所定のプログラムを読み出すことによって、例えばデータ収集機能、画像再構成機能等の磁気共鳴イメージングに係る機能を実現する。特に、処理回路 2 0 は、記憶回路 2 1 に記憶された所定のプログラムを読み出すことによって、後述の判定機能、警告表示機能、及び最適化機能を実現する。

40

【 0 0 1 2 】

なお、図 1 においては一の処理回路 2 0 としているが、実際は一の処理回路 2 0 として実施されてもよいし、機能ごとに複数の処理回路 2 0 を有するように実施されてもよい。またそれらの組合せであってもよい。

【 0 0 1 3 】

記憶回路 2 1 は、磁気共鳴イメージングに係るプロトコル、当該プロトコルに含まれる複数のパラメータ、当該パラメータの値の組合せ、被検体に関する検査情報、磁気共鳴イメージング画像、及び各種機能を処理回路 2 0 により実現させるためのプログラム等を記憶する。ただし、あくまでも例示であり、この限りではない。ここで、当該パラメータの値の組合せとは、例えば、撮像条件である。被検体に関する検査情報とは、例えば、検査

50

日時、患者番号（ＩＤ）、性別、氏名、生年月日、身長、体重、検査部位、挿入方向、体位、使用する受信コイル、受信コイルの装着位置、生体信号同期の有無／種類、及び造影剤使用の有無／種類等である。各種機能とは、例えば、データ収集機能、画像再構成機能、判定機能、警告表示機能、最適化機能等である。

【００１４】

記憶回路２１は、例えばハードディスクドライブ（Hard Disk Drive：HDD）又はソリッドステートドライブ（Solid State Drive：SSD）等のストレージデバイスとして実施される。また記憶回路２１は、プログラムの演算に係る一時的に必要な情報を記憶するランダムアクセスメモリ（Random Access Memory：RAM）等のメモリとしても実施される。ここで、プログラムの演算に係る一時的に必要な情報とは、例えば、引数、配列、構造体等である。

10

【００１５】

シーケンスコントローラ３０は、ＲＦトランシーバ３１と傾斜磁場電源ユニット４とに接続されており、傾斜磁場を発生させるための電気信号の送信と、ＲＦパルスを発生させるための電気信号の送受信とに係るシーケンスを制御する。すなわち、シーケンスコントローラ３０は決められたタイミングで、トリガを各接続先に送信する。

【００１６】

ＲＦトランシーバ３１は、不図示の増幅回路等を介して、架台５におけるＲＦコイル５２からＲＦパルスを発生させるための電気信号を、ＲＦコイル５２に送信する。このとき、ＲＦコイル５２は送信コイルとして機能する。また、ＲＦトランシーバ３１は、架台５におけるＲＦコイル５２が受信したＭＲ信号を、不図示の増幅回路等を介して、受信する。このとき、ＲＦコイル５２は受信コイルとして機能する。なお、ＲＦコイル５２は、図１で図示するような架台５の内部に設けられる形態に限らない。例えば、寝台６又は被検体近傍に設けられる受信用あるいは送受信兼用の局所コイルなども含む。局所コイルとしては、例えば、頭部用コイルや腹部用コイル等がある。

20

【００１７】

傾斜磁場電源ユニット４は、シーケンスコントローラ３０によるトリガ入力に応答して、電圧を架台５における傾斜磁場コイル５１に印加する。なお、傾斜磁場電源ユニット４については、図２を用いて詳述する。

【００１８】

寝台６は、載置部６０、天板６１、昇降機構６２、ベース６３、及びキャスター６４を有する。図１に示すように、寝台６は、架台５と着脱且つ移動可能な寝台（ドッカブル寝台）である。しかしながら、あくまでも例示でありこの限りではない。例えば、撮像室に固定された寝台６を用いて実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置１が実施されてもよい。

30

【００１９】

載置部６０は、当該上部に天板６１を有する。被検体は、天板６１に載置される。天板６１は、例えば不図示の電磁モータにより駆動され、長手方向に水平移動する。

【００２０】

昇降機構６２は、ベース６３の上部に設けられる。昇降機構６２は、例えば不図示の電磁モータにより駆動され、昇降する。すなわち、載置部６０及び天板６１の高さは、昇降機構６２の昇降に伴って、適宜調節がなされる。

40

【００２１】

ベース６３は、上述の昇降機構６２を支持し、キャスター６４を有する。

【００２２】

キャスター６４は、不図示のベアリングと車輪とを有する。キャスター６４を用いることで、医師等の操作者は、寝台６を移動させる。また、キャスター６４に例えば不図示の電磁モータにより動力を供給し、当該動力を用いた寝台６の移動又は移動の補助（パワーアシスト）を可能に実施されてもよい。

【００２３】

50

架台 5 は、静磁場磁石 5 0、傾斜磁場コイル 5 1、及び R F コイル 5 2 を有する。

【 0 0 2 4 】

静磁場磁石 5 0 は、中空の略円筒形状を有し、略円筒内部に静磁場を発生する。実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置 1 において、静磁場磁石 5 0 は超伝導磁石であるとする。しかしながら超伝導磁石に限らず、永久磁石や常伝導磁石を用いて実施されてもよい。

【 0 0 2 5 】

傾斜磁場コイル 5 1 は、静磁場磁石 5 0 の内側に取り付けられ、中空の略円筒形状に形成されたコイルユニットである。傾斜磁場電源ユニット 4 における不図示の増幅回路からの入力に応答して、所望の傾斜磁場を形成する。

10

【 0 0 2 6 】

なお、図中では簡単のために省略されているが、実際は、傾斜磁場コイル 5 1 は互いに直交する X、Y、Z の各軸に対応する三のコイルが組み合わされて形成されている。この三のコイルをそれぞれ X コイル 5 1 1、Y コイル 5 1 2、Z コイル 5 1 3 と称する。当該三のコイルは、X、Y、Z の各軸に沿って、磁場強度が変化する傾斜磁場を形成する。また、三のコイルは、特許請求の範囲における各軸用傾斜磁場コイルの一例である。

【 0 0 2 7 】

当該形成される X、Y、Z 各軸の傾斜磁場は、例えば、スライス選択用傾斜磁場 G s、位相エンコード用傾斜磁場 G e、及びリードアウト用傾斜磁場 G r を形成する。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。位相エンコード用傾斜磁場 G e は、空間的位置に応じて磁気共鳴信号の位相を変化させるために利用される。リードアウト用傾斜磁場 G r は、空間的位置に応じて磁気共鳴信号の周波数を変化させるために利用される。

20

【 0 0 2 8 】

R F コイル 5 2 は、R F トランシーバ 3 1 から出力され、不図示の増幅回路において増幅された電気信号の入力に応答して、R F パルスを被検体に送信する。R F パルスは、固有のラーモア周波数に対応する被検体の原子核を励起させる。また、R F コイル 5 2 は、被検体有する原子核が励起状態から元に戻る際に発生される M R 信号を受信し、当該 M R 信号に基づく電気信号を、不図示の増幅回路を介して R F トランシーバ 3 1 に送信する。

【 0 0 2 9 】

30

なお R F パルスの送受信について、実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置 1 においては、一のコイルとして実施されているが、当該例に拘泥されず、例えば送信用と受信用に、二のコイルとして実施されてもよい。

【 0 0 3 0 】

なお、不図示の増幅回路は、不図示の電源回路から供給される電圧を増幅し、被検体有する原子核を励起させる R F パルスを発生させるための電気信号を、架台 5 における R F コイル 5 2 に送信する。その後、R F コイル 5 2 は、当該増幅回路からの電気信号の入力に応答して、R F パルスを被検体に送信する。R F パルスは、固有のラーモア周波数に対応する被検体の原子核を励起させる。

【 0 0 3 1 】

40

その後、処理回路 2 0 は、当該電気信号の受信を契機として、記憶回路 2 1 に記憶されたデータ収集機能に係る所定のプログラムを読み出すことにより、当該電気信号を記憶回路 2 1 に記憶させる（データ収集機能）。更に処理回路 2 0 は、画像再構成機能に係る所定のプログラムを読み出すことにより、記憶回路 2 1 に記憶されている M R 信号に対してフーリエ逆変換の演算を行い、当該 M R 信号から磁気共鳴イメージング画像（M R I 画像）を生成する（画像再構成機能）。

【 0 0 3 2 】

入力インターフェース回路 7 0 は、例えば、スイッチボタン、マウス、キーボード等のユーザインターフェースを介して、医師等の操作者の命令を受け付ける。当該命令は、処理回路 2 0 に転送される。処理回路 2 0 は当該命令に応じて、所定の制御や演算を実行す

50

る。

【0033】

表示回路71は、グラフィカルユーザインターフェース(Graphical User Interface: GUI)の画面を表示する。表示回路71は、例えばCRTディスプレイ、液晶ディスプレイ、有機ELディスプレイ及びプラズマディスプレイ等の表示デバイスとして実施される。当該表示デバイスは、処理回路20による所定の制御に回答して、例えば、GUIの画面上に、記憶回路21に記憶された磁気共鳴イメージング画像を表示する。或いは、表示回路71に関連して、上記表示デバイスにおける表示画面等を印刷可能な不図示のプリンタを適宜利用されてもよい。なお、表示回路71は、特許請求の範囲における表示手段の一例である。

10

【0034】

なお、実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置1は、記録メディアの読み込み及び記録メディアへの情報の書き込みを行う不図示の読み書き部を有するように実施されてもよい。記録メディアは、リムーバブルメディア(Removable Media)であれば、どのようなメディアであってもよい。例えば、記録メディアが光学メディア(CD: Compact Disc、DVD: Digital Versatile Disc等)である場合、読み書き部は、光学ドライブとして実施される。或いは、記録メディアが光磁気メディア(MOディスク: Magneto-Optical Disc)である場合、読み書き部は、光磁気ドライブとして実施される。

【0035】

読み書き部は、記憶回路21に記憶されている磁気共鳴イメージング画像を記録メディアに移動又は複製することができる。また、読み書き部は、記録メディアに記憶されている磁気共鳴イメージング画像を記憶回路21に移動又は複製することができる。

20

【0036】

図2は、実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置1が有する傾斜磁場電源ユニット4の構成を示すブロック図である。

【0037】

傾斜磁場電源ユニット4は、AC/DCコンバータ40と、増幅回路41と、制御回路42とを有する。増幅回路41は、チャンネルごとに、Xch増幅回路411と、Ych増幅回路412と、Zch増幅回路413とを有する。電力供給手段は、例えば、傾斜磁場電源ユニット4の機能として実現され、例えば、AC/DCコンバータ40、増幅回路41等に対応する。

30

【0038】

AC/DCコンバータ40は、設置設備(専用のアウトレット等)から供給される交流(AC: Alternating Current)電圧を、絶縁された複数チャンネルの直流(DC: Direct Current)電圧に変換する。

【0039】

AC/DCコンバータ40は、例えば、設置設備から供給される交流電圧を、不図示の変圧器(トランス)において複数チャンネルに分けてから、変圧された交流電圧を不図示の整流器で整流することにより、複数チャンネルの直流電圧が得られるように実施される。或いは、AC/DCコンバータ40は、例えば、設置設備から供給される交流電圧を、不図示の整流器で整流することにより、直流電圧を得た後に、不図示のDC/DCコンバータを用いて、複数チャンネルの直流電圧が得られるように実施される。より一般的には、当該機能を集積したIC(集積回路)、LSI(大規模集積回路)等を用いて実施されることが好適である。ただし、これらはあくまでも例示であり、この限りではない。

40

【0040】

また、AC/DCコンバータ40は、当該直流電圧をXch増幅回路411、Ych増幅回路412、及びZch増幅回路413に印加する。

【0041】

増幅回路41は、AC/DCコンバータ40より供給された直流電圧を任意に増幅し、

50

当該任意の増幅電圧を、対応するチャネルの傾斜磁場コイル 5 1 に印加する。換言すると、X c h 増幅回路 4 1 1 は、任意の増幅電圧を X 軸に対応する傾斜磁場コイル 5 1 における X コイル 5 1 1 に印加する。Y c h 増幅回路 4 1 2 は、任意の増幅電圧を Y 軸に対応する傾斜磁場コイル 5 1 における Y コイル 5 1 2 に印加する。Z c h 増幅回路 4 1 3 は、任意の増幅電圧を Z 軸に対応する傾斜磁場コイル 5 1 における Z コイル 5 1 3 に印加する。

【 0 0 4 2 】

なお、増幅回路 4 1 は、一の増幅回路 4 1 を複数のチャネルで共有し、必要に応じて切り換える等して実施されてもよい。

【 0 0 4 3 】

制御回路 4 2 は、不図示のプロセッサ及びメモリ等を少なくとも有する。制御回路 4 2 は、傾斜磁場電源ユニット 4 におけるブーストコントロール機能及び当該ブーストコントロール機能に係る小機能を必要に応じて実行する。ブーストコントロール機能については後述する。なお、図 2 に示すように、実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置 1 においては、制御回路 4 2 は、一の制御回路 4 2 としたが、あくまでも例示でありこれに限るものではない。例えば、小機能毎に異なる複数の制御回路 4 2 を有するように実施されてもよい。

【 0 0 4 4 】

例えば、制御回路 4 2 は、A C / D C コンバータより出力される出力電流を制限する。例えば、制御回路 4 2 は、A C / D C コンバータより出力される少なくとも一つの出力電流をモニタリングする。例えば、制御回路 4 2 は、増幅回路 4 1 を介して増幅され、各傾斜磁場コイル 5 1 に印加される電圧値を制御する。各傾斜磁場コイル 5 1 に印加される電圧に対応する電流をモニタリングする。ただしあくまでも例示でありこの限りではない。

【 0 0 4 5 】

[ブーストコントロール機能]

実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置 1 は、一時的に A C / D C コンバータ 4 0 から大きな電流または電力を供給するブースト機能を有する。また、実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置 1 は、ブースト機能を使用するタイミング等の制御全般に係るブーストコントロール機能を有する。

【 0 0 4 6 】

図 3 は、実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置 1 のブースト機能を説明するための、3 次元スキャンの一例を示すタイミングチャートである。

【 0 0 4 7 】

図 3 における (a) は、リードアウト方向の出力電流を示している。図 3 における (b) は、位相エンコード方向の出力電流を示している。図 3 における (c) は、スライス選択方向の出力電流を示している。図 3 における (d) は、A C / D C コンバータ 4 0 が出力する出力電流の合計値に係るタイミングチャートを示している。

【 0 0 4 8 】

図 3 に示すように、3 次元の撮像を実行するにあたり、リードアウト方向と、位相エンコード方向と、スライス選択方向との 3 相それぞれについて、傾斜磁場コイル 5 1 に電力を供給する。特に撮像位置によっては、大きな電力が要求される。ここで、撮像位置とは、例えば、撮像シーケンスにおける所定のタイミングに対応する。図 3 におけるハッチング箇所は、A C / D C コンバータ 4 0 より出力される出力電流の合計値が、後述の電流閾値 I_1 を超えているタイミングを示している。すなわち、図 3 におけるハッチング箇所は、当該 3 相に対する電力の和が後述の電力閾値 P_1 を超えているタイミングを示している。

【 0 0 4 9 】

かかる場合、一従来技術に係る磁気共鳴イメージング装置においては、出力電流は I_1 に制限されることとなる (リミッタ機能)。一方、実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置 1 においては、図 3 に示すようにブースト機能を使用することで、電流閾値 I_1 を超える電流の出力を一時的に許容している。換言すると、電流閾値 I_1 を一時的に I_1 より

も大きな値である新たな電流閾値 I_2 に変更している。

【 0 0 5 0 】

図 4 A ~ 図 4 C は、実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置 1 において、傾斜磁場電源ユニット 4 が有するブーストコントロール機能に係る処理の流れを説明するフローチャートである。以下、図 4 A ~ 図 4 C における各ステップに沿って、ブーストコントロール機能について詳述する。

【 0 0 5 1 】

[第 1 フェーズ]

図 4 A におけるステップ S 1 - 1 ~ S 1 - 5 は、撮像開始前であって、ブーストコントロール機能に係る第 1 フェーズを示している。以下各ステップについて説明する。

10

【 0 0 5 2 】

(ステップ S 1 - 1)

医師等の操作者、すなわち本磁気共鳴イメージング装置 1 の使用者は、入力インターフェース回路 7 0 を介して、磁気共鳴イメージングに係る所望の撮像シーケンスを実行するための撮像条件を入力する。当該入力された撮像条件は、一時的に記憶回路 2 1 に記憶される。続いて、ステップ S 1 - 2 に進む。

【 0 0 5 3 】

(ステップ S 1 - 2)

処理回路 2 0 は、ステップ S 1 - 1 において記憶回路 2 1 に記憶された撮像条件と、予め記憶された所定のプログラムとを読み出すことにより、当該撮像条件が適当であるかを判定する (判定機能)。上記所定のプログラムは、例えば、撮像条件判定命令に対応する。処理回路 2 0 の判定機能は、例えば、撮像条件に基づいて傾斜磁場電源の出力電力を予測し、その撮像条件での撮像が実行可能であるかを判定する。また、例えば、撮像条件に基づいて傾斜磁場電源の出力電力を予測することで、後述のブースト機能が使用可能となるタイミングを判定する。さらに、例えば、撮像条件に基づいて傾斜磁場電源の出力電力を予測することで、後述のブースト機能を使用する時間であるブースト使用時間が長すぎないかを判定する。

20

【 0 0 5 4 】

判定機能は、撮像条件に変更を加えずに撮像開始可能な場合に「適当」と判定し、ステップ S 1 - 3 に進む。また、判定機能は、撮像を開始するのに撮像条件の変更が必要な場合に、「最適化」と判定し、ステップ S 1 - 4 に進む。さらに、判定機能は、撮像条件の変更を行っても撮像が開始できない場合に、「エラー」と判定し、ステップ S 1 - 5 に進む。つまり、判定機能は、撮像条件に応じて、3通りの判定結果を返す。

30

【 0 0 5 5 】

(ステップ S 1 - 3)

ステップ S 1 - 2 における判定において、「適当」と判定された場合、処理回路 2 0 は、記憶回路 2 1 に記憶された所定のプログラムを読み出す。ここで、所定のプログラムとは、例えば、撮像開始命令に対応する。これにより、磁気共鳴イメージング装置 1 による撮像が開始され、第 2 フェーズに進む。

【 0 0 5 6 】

(ステップ S 1 - 4)

ステップ S 1 - 2 における判定において、「最適化」と判定された場合、処理回路 2 0 は、記憶回路 2 1 に記憶された所定のプログラムを読み出すことにより、撮像を最適化する。処理回路 2 0 の最適化機能は、例えば、撮像プロトコルを並び替えることによって、ステップ S 1 - 1 撮像開始な撮像条件へと変更する。これにより、撮像の要旨を変更せずに、自動的に「適当」な撮像条件を決定し、ステップ S 1 - 3 に進む。

40

【 0 0 5 7 】

(ステップ S 1 - 5)

ステップ S 1 - 2 における判定において、「エラー」と判定された場合、処理回路 2 0 は、記憶回路 2 1 に記憶された所定のプログラムを読み出す。ここで、所定のプログラム

50

とは、例えば、エラーメッセージ表示命令に対応する。これにより、表示回路 7 1 は、撮像条件が不適当である旨のエラーメッセージを表示（警告表示機能）し、ステップを終了する。ここで、エラーメッセージとは、例えば、使用者に警告するための文字や図形などによる情報である。

【 0 0 5 8 】

〔 第 2 フェーズ 〕

図 4 B におけるステップ S 2 - 1 ~ S 2 - 7 は、撮像中であって、ブーストコントロール機能に係る第 2 フェーズを示している。後述の通り、第 2 フェーズはループ処理を有する。第 2 フェーズにおいて、制御回路 4 2 は、A C / D C コンバータ 4 0 より出力される出力電流と、増幅回路 4 1 における X c h 増幅回路 4 1 1、Y c h 増幅回路 4 1 2、及び Z c h 増幅回路 4 1 3 により出力される各出力電流とを、処理回路 2 0 よりも高い時間分解能にてモニタリング（監視）する。このとき、監視手段は、制御回路 4 2 の監視機能として実現される。なお、監視手段は、X コイル 5 1 1、Y コイル 5 1 2 および Z コイル 5 1 3 に対応する複数の各軸用傾斜磁場コイルのうち少なくとも一つの各軸用傾斜磁場コイルに増幅回路 4 1 から供給される電流または電力に対応する電力指標値を監視してもよい。また、制御回路 4 2 は、モニタリングの結果に基づき、必要に応じて、ブーストコントロール機能に係る各種小機能を実行する。

【 0 0 5 9 】

例えば、制御回路 4 2 は、モニタリングの結果に基づき、A C / D C コンバータ 4 0 の出力電力の制限を解除する。換言すると、制御回路 4 2 は、モニタリングの結果に基づき、通常モードをブーストモードに変更する。通常モードは、出力電流が電流閾値 I_1 に制限されるモードである。ブーストモードは、出力電流が電流閾値 I_1 よりも高い電流閾値 I_2 に制限されるモードである。

【 0 0 6 0 】

なお、通常モードは、出力電力が電力閾値 P_1 に制限されるモードであってもよい。また、ブーストモードは、出力電力が電力閾値 P_1 よりも高い電力閾値 P_2 に制限されるモードであってもよい。制御回路 4 2 は、他のモニタリングの結果に基づき、必要に応じて、ブーストモードを強制的に終了する（ブーストモード制限機能）。このとき、上限値制御手段は、例えば、出力電流または出力電圧の制限を解除する機能として、制御回路 4 2 により実現される。

【 0 0 6 1 】

以下各ステップについて説明する。

【 0 0 6 2 】

（ステップ S 2 - 1）

制御回路 4 2 は、撮像が継続中か終了したかを判定する。すなわち、撮像が継続中の場合、次の処理はステップ S 2 - 2 となる。また、撮像が終了した場合、第 2 フェーズの処理のループを抜け、磁気共鳴イメージングに係る一連の動作は終了する。なお、代替的に又は並列的に処理回路 2 0 が記憶回路 2 1 に記憶された所定のプログラムを読み出すことにより、撮像の継続 / 終了を判定するように実施されてもよい。なお終了時は、制御回路 4 2 は、A C / D C コンバータ 4 0 より出力される出力電流の積算を停止する。制御回路 4 2 は、ブースト使用時間を 0 にリセットする（ステップ S 2 - 1 a）。

【 0 0 6 3 】

（ステップ S 2 - 2）

制御回路 4 2 は、モニタリングにおいて A C / D C コンバータ 4 0 より出力される出力電流と電流閾値 I_1 とを比較し、A C / D C コンバータ 4 0 の出力電流が電流閾値 I_1 を超えるか否かを判定する。すなわち、A C / D C コンバータ 4 0 の出力電流が電流閾値 I_1 を超えた場合、次の処理は、ステップ S 2 - 3 となる。また、A C / D C コンバータ 4 0 の出力電流が電流閾値 I_1 を超えない場合、次の処理は、ステップ S 2 - 1 となる。換言すると、本ステップでは、出力電流が電流閾値 I_1 を超えるか否かが判定される。なお、本ステップでは、出力電力が電力閾値 P_1 を超えるか否かが判定されてもよい。

【 0 0 6 4 】

(ステップ S 2 - 3)

制御回路 4 2 は、A C / D C コンバータ 4 0 の出力電力または出力電流の制限に関して、現在のモードが、通常モードまたはブーストモードのいずれであるかを判定する。A C / D C コンバータ 4 0 の出力電流の制限に関して、現在のモードが通常モードであると判定された場合、次の処理は、ステップ S 2 - 4 となる。また、A C / D C コンバータ 4 0 の出力電流の制限に関して、現在のモードがブーストモードであると判定された場合、次の処理は、ステップ S 2 - 5 となる。

【 0 0 6 5 】

(ステップ S 2 - 4)

制御回路 4 2 は、通常モードをブーストモードに変更し、更に、制御回路 4 2 は、A C / D C コンバータ 4 0 より流れる出力電流の積算と、当該出力電流の経過時間平均値と、ブースト使用時間の積算とを開始し、ステップ S 2 - 5 に進む。ブースト使用時間の積算とは、電流閾値 I_1 を超える電流が傾斜磁場コイル 5 1 に供給される経過時間、または電力閾値 P_1 を超える電力が傾斜磁場コイル 5 1 に供給される経過時間に相当する。制御回路 4 2 は、経過時間における電力指標値（出力電流または出力電力）の積算値と、電力指標値の平均値と、経過時間とのうち少なくとも一つを参照値として算出する。このとき、算出手段は、制御回路 4 2 の上記算出に関する算出機能として実現される。

【 0 0 6 6 】

(ステップ S 2 - 5)

制御回路 4 2 は、A C / D C コンバータ 4 0 より流れる出力電流の経過時間平均値と電流閾値 I_1 とを比較し、A C / D C コンバータ 4 0 の出力電流の経過時間平均値が電流閾値 I_1 を超えるか否かを判定する。A C / D C コンバータ 4 0 の出力電流の経過時間平均値が電流閾値 I_1 を超えた場合、次の処理は、ステップ S 2 - 7 となる。また、A C / D C コンバータ 4 0 の出力電流の経過時間平均値が電流閾値 I_1 を超えない場合、次の処理は、ステップ S 2 - 6 となる。

【 0 0 6 7 】

(ステップ S 2 - 6)

制御回路 4 2 は、ステップ S 2 - 4 において開始された A C / D C コンバータ 4 0 より流れる出力電流の積算値と、当該出力電流の経過時間平均値と、ブースト使用時間の積算値とを、いずれも 0 にリセットする。

【 0 0 6 8 】

(ステップ S 2 - 7)

制御回路 4 2 は、ブースト使用時間の積算値と許容時間 T とを比較し、ブースト使用時間の積算値が許容時間 T を超えるか否かを判定する。ブースト使用時間の積算値が許容時間 T を超えた場合、次の処理は、ステップ S 2 - 9 となる。ブースト使用時間の積算値が許容時間 T を超えない場合、次の処理は、ステップ S 2 - 8 となる。

【 0 0 6 9 】

(ステップ S 2 - 8)

制御回路 4 2 は、A C / D C コンバータ 4 0 より流れる出力電流の積算値と積算電流閾値 Q とを比較し、A C / D C コンバータ 4 0 より流れる出力電流の積算値が積算電流閾値 Q を超えるか否かを判定する。A C / D C コンバータ 4 0 より流れる出力電流の積算値が積算電流閾値 Q を超えた場合、次の処理は、ステップ S 2 - 9 となる。A C / D C コンバータ 4 0 より流れる出力電流の積算値が積算電流閾値 Q を超えない場合、次の処理は、ステップ S 2 - 1 となる。

【 0 0 7 0 】

(ステップ S 2 - 9)

制御回路 4 2 は、ブーストモードを通常モードに変更する。このとき、次の処理は、第 3 フェーズとなる。ステップ S 2 - 7 及びステップ 2 - 8 を含めて換言すると、ブースト使用時間の積算値が許容時間 T を超えること又は A C / D C コンバータ 4 0 より流れる出

10

20

30

40

50

力電流の積算値が積算電流閾値 Q を超えることを契機として、制御回路 42 は、ブーストモードを通常モードに変更する（ブーストモード制限機能）。

【0071】

〔第3フェーズ〕

図4Cにおけるステップ $S3-1 \sim S3-3$ は、撮像中であって、ブーストコントロール機能に係る第3フェーズを示している。後述の通り、第3フェーズはループ処理を有する。第3フェーズにおいても、制御回路42は、AC/DCコンバータ40より出力される出力電流と、増幅回路41における Xch 増幅回路411、 Ych 増幅回路412、及び Zch 増幅回路413により出力される各出力電流とを、処理回路20よりも高い時間分解能にて、監視手段としてモニタリング（監視）する。また、制御回路42は、モニタリングの結果に基づき、必要に応じて、ブーストコントロール機能に係る各種小機能を実行する。以下、各ステップについて説明する。

10

【0072】

（ステップ $S3-1$ ）

制御回路42は、撮像が継続中か終了したかを判定する。撮像が継続中の場合、次の処理は、ステップ $S3-2$ となる。撮像が終了した場合、第3フェーズにおける処理のループを抜け、磁気共鳴イメージングに係る一連の動作は終了する。なお、代替的に又は並列的に処理回路20が記憶回路21に記憶された所定のプログラムを読み出すことにより、撮像の継続/終了を判定するように実施されてもよい。なお終了時は、制御回路42は、AC/DCコンバータ40より出力される出力電流の積算を停止する。制御回路42は、ブースト使用時間を0にリセットする（ステップ $S3-1a$ ）。

20

【0073】

（ステップ $S3-2$ ）

制御回路42は、AC/DCコンバータ40より流れる出力電流の経過時間平均値と電流閾値 I_1 とを比較し、AC/DCコンバータ40の出力電流の経過時間平均値が電流閾値 I_1 を超えるか否かを判定する。AC/DCコンバータ40の出力電流の経過時間平均値が電流閾値 I_1 を超えた場合、次の処理は、ステップ $S3-1$ となる。AC/DCコンバータ40の出力電流の経過時間平均値が電流閾値 I_1 を超えない場合、次の処理は、ステップ $S3-3$ となる。

【0074】

（ステップ $S3-3$ ）

制御回路42は、第2フェーズにおけるステップ $S2-4$ において開始されたAC/DCコンバータ40より流れる出力電流の積算値と、当該出力電流の経過時間平均値と、ブースト使用時間の積算値とを、いずれも0にリセットする。このとき、次の処理は、第2フェーズに戻る。

30

【0075】

続いて、実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置1のブーストコントロール機能の動作例について説明する。

【0076】

図5は、実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置1に関して、ブーストコントロール機能の動作の一例（第2フェーズ）を示すタイミングチャートである。

40

【0077】

図5における（a）は、AC/DCコンバータ40より出力される出力電流の目標値のタイミングチャートを示している。図5における（b）は、AC/DCコンバータ40より出力される実際の出力電流のタイミングチャートを示している。図5における（c）は、積算フラグのON/OFFについてのタイミングチャートを示している。図5における（d）は、AC/DCコンバータ40より出力される出力電流の経過時間平均値のタイミングチャートを示している。

【0078】

図5に示すように、時刻 t_0 から時刻 t_1 の期間においては、出力電流の目標値は電流

50

閾値 I_1 に比して低い値である。したがって、AC/DCコンバータ40は、目標値と同値の電流を出力している。時刻 t_0 から時刻 t_1 の期間における実際の出力電流は、電流閾値 I_1 未満であるため、ブーストモードは実行されていない。このときのモードは、通常モードである。また、時刻 t_0 から時刻 t_1 の期間における実際の出力電流は、電流閾値 I_1 未満であるため、出力電流の経過時間平均値は算出されていない。

【0079】

時刻 t_1 から時刻 t_2 の期間においては、出力電流の目標値は電流閾値 I_1 に比して高く電流閾値 I_2 以下の値である。制御回路42は時刻 t_1 にブーストモードを実行する。ブーストモードが実行されることにより、時刻 t_1 から時刻 t_2 の期間において、AC/DCコンバータ40は、電流閾値 I_1 に比して高く電流閾値 I_2 以下の値であって出力電流の目標値と同値の電流を出力している。時刻 t_1 における制御回路42によるブーストモードの実行を契機として、制御回路42は、出力電流及びブースト使用時間の積算を実行する積算フラグをONにしている。すなわち、積算フラグがONである時刻 t_1 から時刻 t_2 において、制御回路42は、AC/DCコンバータ40より出力される出力電流の経過時間平均値を算出する。

10

【0080】

時刻 t_2 から時刻 t_3 の期間においては、出力電流の目標値は電流閾値 I_2 に比して高い値である。制御回路42は、AC/DCコンバータ40より出力される出力電流を、電流閾値 I_2 に制限する。時刻 t_1 から時刻 t_2 の期間において、AC/DCコンバータ40は、出力電流の目標値よりも低い値である電流閾値 I_2 の電流を出力している。

20

【0081】

なお、積算フラグがONである時刻 t_2 から時刻 t_3 においても、制御回路42は、AC/DCコンバータ40より出力される出力電流の経過時間平均値を算出する。

【0082】

時刻 t_3 から時刻 t_4 の期間においては、出力電流の目標値は電流閾値 I_1 に比して低い値である。したがって、時刻 t_3 から時刻 t_4 の期間において、AC/DCコンバータ40は、目標値と同値の電流を出力している。このとき、ブースト機能は使用されない。

【0083】

なお、積算フラグがONである時刻 t_3 から時刻 t_4 においても、制御回路42は、AC/DCコンバータ40より出力される出力電流の経過時間平均値を算出する。そして、時刻 t_4 において、出力電流の経過時間平均値が I_1 に達することを契機として、制御回路42は積算フラグをOFFにする。なお、制御回路42は、時刻 t_4 において、出力電流の経過時間平均値が I_1 を下回ることを契機として、積算フラグをOFFにしてもよい。また、かかる状態を契機として、制御回路42は、AC/DCコンバータ40より流れる出力電流の積算値と、当該出力電流の経過時間の平均値と、ブースト使用時間の積算値とを、いずれも0にリセットする。

30

【0084】

図6は、実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置1に関して、ブーストコントロール機能の動作の一例（第2フェーズ及び第3フェーズ）を示すタイミングチャートである。

【0085】

図6における(a)は、AC/DCコンバータ40より出力される出力電流の目標値のタイミングチャートを示している。図6における(b)は、AC/DCコンバータ40より出力される実際の出力電流のタイミングチャートを示している。図6における(c)は、積算フラグのON/OFFについてのタイミングチャートを示している。図6における(d)は、ブースト使用時間の積算値についてのタイミングチャートを示している。図6における(e)は、ブーストコントロール機能におけるフェーズ（第2フェーズ又は第3フェーズ）についてのタイミングチャートを示している。

40

【0086】

図6に示すように、時刻 t_0 から時刻 t_1 の期間においては、出力電流の目標値は電流閾値 I_1 に比して低い値である。したがって、AC/DCコンバータ40は、目標値と同

50

値の電流を出力している。時刻 t_0 から時刻 t_1 の期間における実際の出力電流は、電流閾値 I_1 未満であるため、ブーストモードは実行されていない。このときのモードは、通常モードである。

【0087】

時刻 t_1 から時刻 t_2 の期間においては、出力電流の目標値は電流閾値 I_1 に比して高く電流閾値 I_2 以下の値である。なお、本動作例では簡単のため、出力電流の目標値と電流閾値 I_2 が同値の場合が示されている。制御回路42は時刻 t_1 にブーストモードを実行する。ブーストモードが実行されることにより、時刻 t_1 から時刻 t_2 の期間において、AC/DCコンバータ40は、電流閾値 I_1 に比して高く電流閾値 I_2 以下の値であって出力電流の目標値と同値の電流を出力している。時刻 t_1 における制御回路42によるブーストモードの実行を契機として、制御回路42は、出力電流及びブースト使用時間の積算を実行する積算フラグをONにしている。また、時刻 t_1 から時刻 t_2 の期間において、ブースト使用時間の積算が実行されている。

10

【0088】

時刻 t_2 から時刻 t_3 の期間においては、出力電流の目標値は電流閾値 I_1 に比して低い値である。したがって、AC/DCコンバータ40は、目標値と同値の電流を出力している。また、時刻 t_2 から時刻 t_3 の期間における実際の出力電流は、電流閾値 I_1 未満であるため、ブースト機能は実行されておらず、ブースト使用時間の積算は実行されていない。

【0089】

20

時刻 t_3 から時刻 t_4 の期間においては、出力電流の目標値が電流閾値 I_1 に比して高く電流閾値 I_2 以下の値となる期間と、出力電流の目標値が電流閾値 I_1 に比して低い値となる期間とを交互に繰り返している。それに応じて、AC/DCコンバータ40は、電出力電流の目標値と同値の電流を出力している。また、出力電流の目標値が電流閾値 I_1 に比して高く電流閾値 I_2 以下の値となる期間においては、ブースト機能は実行されており、ブースト使用時間の積算が実行されている。出力電流の目標値が電流閾値 I_1 に比して低い値となる期間においては、ブースト機能は実行されておらず、ブースト使用時間の積算は実行されていない。

【0090】

時刻 t_4 において、ブースト使用時間の積算値は、許容時間Tに達している。かかる状態を契機として、制御回路42は、第2フェーズのループ処理を抜けるとともに、第3フェーズに移行する。また、上述の通り第3フェーズにおいては、AC/DCコンバータ40より出力される出力電流の上限は、電流閾値 I_1 に制限されている。

30

【0091】

時刻 t_5 において、例えばAC/DCコンバータ40より出力される出力電流の平均値が電流閾値 I_1 以下となることを契機として、制御回路42は、第3フェーズのループ処理を抜けるとともに、再び第2フェーズに移行する。また、かかる状態を契機として、制御回路42は、出力電流及びブースト使用時間の積算を実行する積算フラグをOFFにする。また、かかる状態を契機として、制御回路42は、AC/DCコンバータ40より流れる出力電流の積算値と、当該出力電流の経過時間平均値と、ブースト使用時間の積算値とを、いずれも0にリセットする。

40

【0092】

実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置1は、複数の傾斜磁場コイル51と、電力供給手段を実現するAC/DCコンバータ40、増幅回路41等と、監視手段および上限値制御手段を実現する制御回路42とを具備する。傾斜磁場コイル51は、傾斜磁場を発生する。AC/DCコンバータ40、増幅回路41等は、傾斜磁場コイルに電力を供給する。制御回路42は、傾斜磁場コイルに供給する電力に対応する少なくとも一つの電力指標値を監視して、モニタリング機能を実現する。上限値制御手段を実現する制御回路42は、電力指標値に基づいて、傾斜磁場コイル51に供給する電力の上限を、第1の上限値から第1の上限値よりも高い第2の上限値に変更する制御を実行する。

50

【0093】

これにより、AC/DCコンバータ40は、一時的に大きな電力を各増幅回路41に供給することができる。すなわち、傾斜磁場電源ユニット4は、傾斜磁場コイル51に一時的に大きな電流パルスを出力することができる。また、傾斜磁場電源ユニット4は、複数チャンネルに対応する複数の各軸用傾斜磁場コイルに一時的に大きな電流パルスを出力することができる。

【0094】

実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置1は、算出手段を実現する制御回路42を更に有する。算出手段を実現する制御回路42は、電流が所定の閾値を超えて供給される経過時間と、当該経過時間における電流の積算値と、当該電流の平均値とのうち少なくとも一つを参照値として算出する。そして、上限値制御手段を実現する制御回路42は、参照値が所定の閾値に達することを契機として、一時的に引き上げていた供給電流の上限を、引き下げる制御を実行する。制御回路42は、電流の代わりに電力に基づいて制御を行うことも可能である。

10

【0095】

これにより、ブーストモードが傾斜磁場電源の許容範囲を超えて機能し続けることがないので、ブーストモード機能の過剰な使用による故障を防ぐことができる。

【0096】

(実施形態に係る変形例)

上述の通り、実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置1における傾斜磁場電源ユニット4は、ブーストコントロール機能を有する。特に、ブーストコントロール機能に係る第1フェーズにおいては、「最適化」と判断される場合に、処理回路20は最適化処理を実行するものとして説明を行った。しかしながら、当該例に拘泥されず、例えば、入力された撮像条件が「適当」であっても、処理回路20が最適化を実行するように実施されてもよい。

20

【0097】

上述の通り、実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置1における傾斜磁場電源ユニット4は、ブーストコントロール機能を有する。特に、ブーストコントロール機能に係る第2フェーズ及び第3フェーズにおいて、ブースト使用時間の積算値が許容時間Tを超えること又はAC/DCコンバータ40より流れる出力電流の積算値が積算電流閾値Qを超えることを契機として、上限値制御手段を実現する制御回路42は、ブーストモードを通常モードに変更する(ブーストモード制限機能)。しかしながら、ブースト使用時間の積算値が許容時間Tを超えることを契機として、上限値制御手段を実現する制御回路42が、ブーストモードを通常モードに変更するように実施されてもよい。AC/DCコンバータ40より流れる出力電流の積算値が積算電流閾値Qを超えることを契機として、上限値制御手段を実現する制御回路42が、ブーストモードを通常モードに変更するように実施されてもよい。或いは、ブースト使用時間の積算値が許容時間Tを超えること及びAC/DCコンバータ40より流れる出力電流の積算値が積算電流閾値Qを超えることを契機として、上限値制御手段を実現する制御回路42が、ブーストモードを通常モードに変更するように実施されてもよい。

30

40

【0098】

上述の通り、実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置1は、傾斜磁場電源ユニット4を有し、傾斜磁場電源ユニット4は、ブーストコントロール機能を有する。しかしながら、傾斜磁場電源ユニット4が独立の傾斜磁場電源装置として実施されてもよい。かかる場合、当該傾斜磁場電源装置は、ブーストコントロール機能を有するように実施されるものである。

【0099】

上述の通り、実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置1は、AC/DCコンバータ40からの出力電力が電力閾値 P_1 に制限される通常モードと、AC/DCコンバータ40からの出力電力が電力閾値 P_1 よりも高い電力閾値 P_2 に制限されるブーストモードとを

50

有する。なお、通常モードは、AC/DCコンバータ40からの出力電力が電流閾値 I_1 制限されるモードであってもよい。また、このとき、ブーストモードは、AC/DCコンバータ40からの出力電流が電流閾値 I_1 よりも高い電流閾値 I_2 に制限されるモードに対応する。しかしながら、当該二のモードに拘泥されず、三以上のモードを有するように実施されてもよい。かかる場合、各モードに対応する電力閾値又は電流閾値を有するように実施されることが好適である。

【0100】

上述の通り、実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置1は、傾斜磁場電源ユニット4を有し、傾斜磁場電源ユニット4は、ブーストコントロール機能を有する。またブーストコントロール機能に関連して、監視手段を実現する制御回路42は、AC/DCコンバータ40より出力される出力電流を、電力指標値としてモニタリングする。しかしながら当該例に拘泥されず、例えばAC/DCコンバータ40が電力値そのものを電力指標値としてモニタリングするように実施されてもよい。或いは、監視手段としての制御回路42は、AC/DCコンバータ40に関する電力指標値として電圧値をモニタリングするように実施されてもよい。

10

【0101】

実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置1における構成部は、主として、回路(circuit)、回路類(circuitry)、プロセッサ(Processor)、及びメモリ(Memory)等を少なくとも適当に組み合わせることによって実現される。

【0102】

またプロセッサとは、例えばCPU(Central Processing Unit)、GPU(Graphics Processing Unit)、或いは、特定用途向け集積回路(Application Specific Integrated Circuit:ASIC)、プログラマブル論理デバイス(例えば、単純プログラマブル論理デバイス(Simple Programmable Logic Device:SPLD)、複合プログラマブル論理デバイス(Complex Programmable Logic Device:CLPD)、及びフィールドプログラマブルゲートアレイ(Field Programmable Gate Array:FPGA))等の回路を意味する。プロセッサは、記憶回路に保存されたプログラムを読み出し、実行することで、機能を実現する。なお、記憶回路にプログラムを保存する代わりに、プロセッサの回路内にプログラムを直接組み込むよう構成されても構わない。この場合、プロセッサは回路内に組み込まれたプログラムを読み出し実行することで機能を実現する。なお、本実施形態の各プロセッサは、プロセッサごとに単一の回路として構成される場合に限らず、複数の独立した回路を組み合わせる一のプロセッサとして構成し、その機能を実現するようにしてもよい。さらに、複数の構成要素を一のプロセッサへ統合してその機能を実現するようにしてもよい。

20

30

【0103】

実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置は、傾斜磁場を発生する複数の傾斜磁場コイルと、前記複数の傾斜磁場コイル各々に電力を供給する電力供給手段と、前記電力に対応する少なくとも一つの電力指標値を監視する監視手段と、前記電力指標値に基づいて、前記電力の上限を、第1の上限値から前記第1の上限値よりも高い第2の上限値に変更する制御を実行する上限値制御手段と、を具備する。

40

【0104】

これにより、電流波形の歪みを抑制することができる。得られる磁気共鳴イメージング画像にアーチファクトやブラー(ぼけ)が発生することを抑制することができる。電力不足による出力停止等の惹起を抑制することができる。

【0105】

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。これら新規な実施形態は、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

50

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ともに、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】

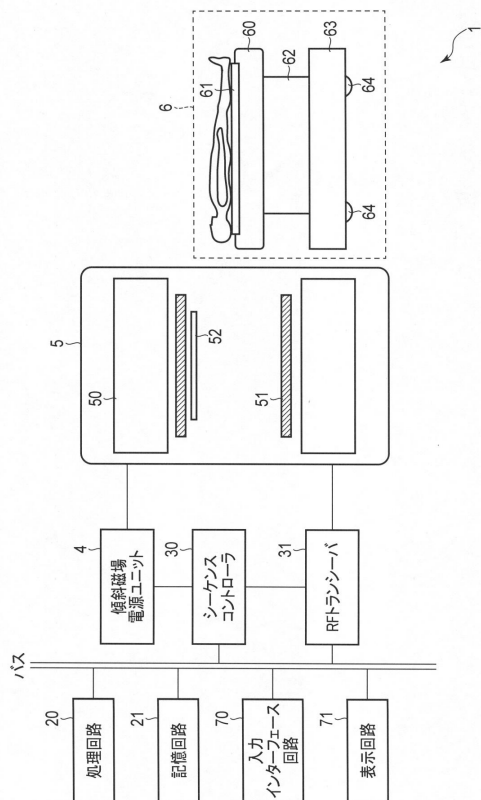
【0106】

1 ... 磁気共鳴イメージング装置、4 ... 傾斜磁場電源ユニット、5 ... 架台、6 ... 寝台、20 ... 処理回路、21 ... 記憶回路、30 ... シーケンスコントローラ、31 ... RFトランシーバ、40 ... AC/DCコンバータ、41 ... 増幅回路、42 ... 制御回路、50 ... 静磁場磁石、51 ... 傾斜磁場コイル、52 ... RFコイル、60 ... 載置部、61 ... 天板、62 ... 昇降機構、63 ... ベース、64 ... キャスター、70 ... 入力インターフェース回路、71 ... 表示回路、411 ... Xch増幅回路、412 ... Ych増幅回路、413 ... Zch増幅回路、511 ... Xコイル、512 ... Yコイル、513 ... Zコイル。

10

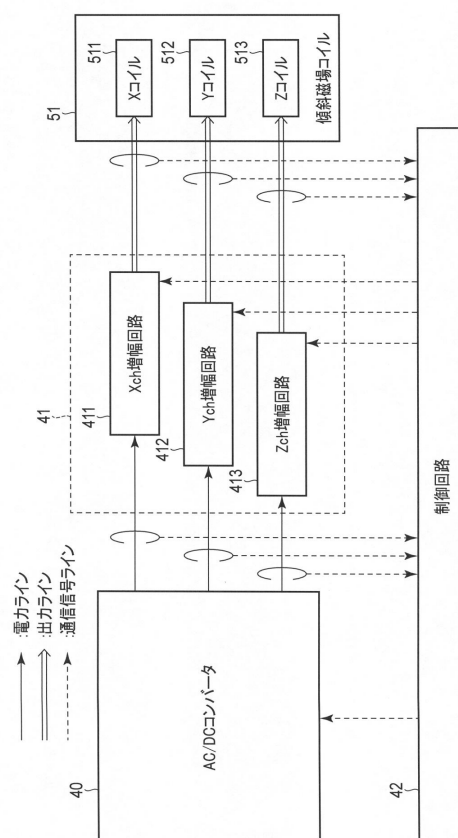
【図1】

図1

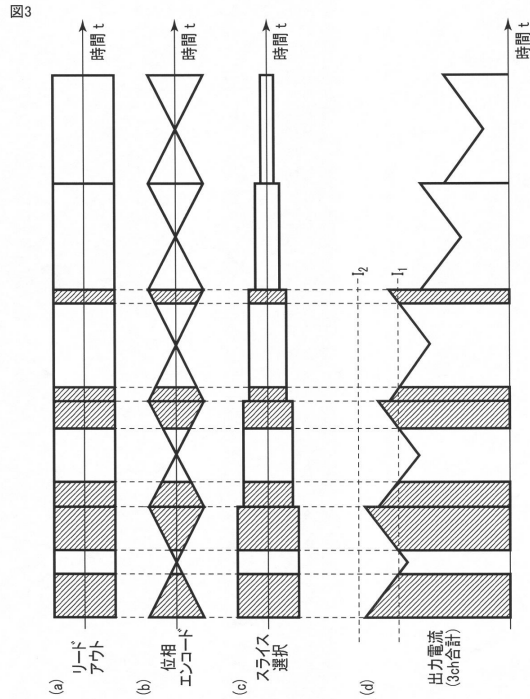


【図2】

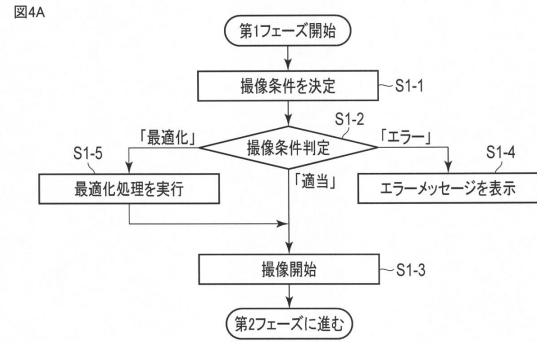
図2



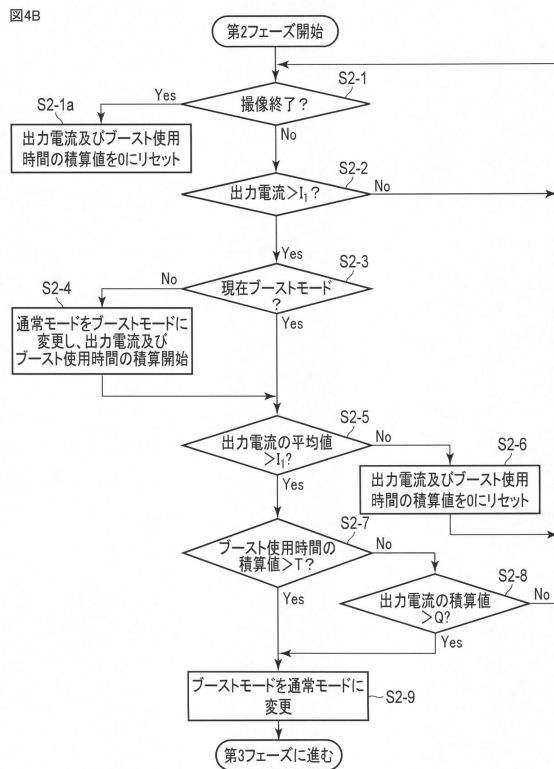
【図 3】



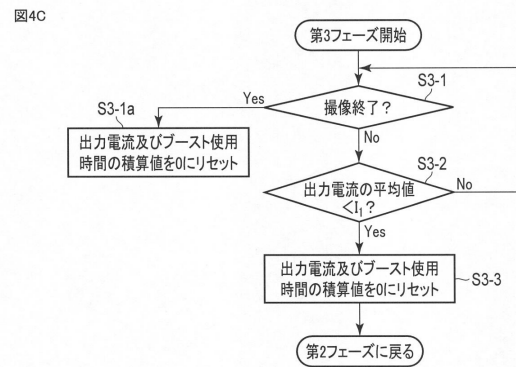
【図 4 A】



【図 4 B】

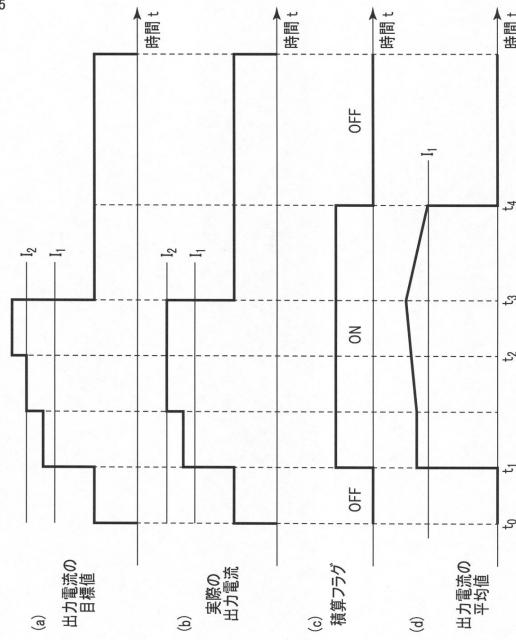


【図 4 C】



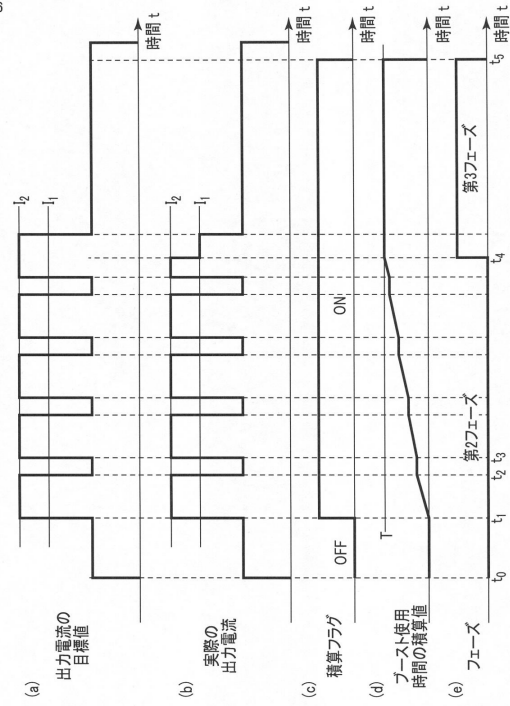
【図 5】

図5



【図 6】

図6



フロントページの続き

- (74)代理人 100124394
弁理士 佐藤 立志
- (74)代理人 100112807
弁理士 岡田 貴志
- (74)代理人 100111073
弁理士 堀内 美保子
- (72)発明者 川尻 将
栃木県大田原市下石上 1 3 8 5 番地 東芝メディカルシステムズ株式会社内
- (72)発明者 古舘 直幸
栃木県大田原市下石上 1 3 8 5 番地 東芝メディカルシステムズ株式会社内
- (72)発明者 待井 豊
栃木県大田原市下石上 1 3 8 5 番地 東芝メディカルシステムズ株式会社内

審査官 後藤 順也

- (56)参考文献 特開 2 0 1 3 - 2 3 6 9 1 2 (J P , A)
特開 2 0 0 9 - 0 3 4 4 7 9 (J P , A)
特開 2 0 1 3 - 0 0 0 1 7 3 (J P , A)
特開 2 0 1 4 - 0 3 0 7 1 4 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 1 3 / 0 2 7 8 2 6 7 (U S , A 1)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
- | | |
|---------|-----------------------|
| A 6 1 B | 5 / 0 5 5 |
| G 0 1 R | 3 3 / 2 0 - 3 3 / 6 4 |