

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6951118号
(P6951118)

(45) 発行日 令和3年10月20日 (2021.10.20)

(24) 登録日 令和3年9月28日 (2021.9.28)

(51) Int.Cl.

A 61 B 5/055 (2006.01)

F 1

A 61 B	5/055	3 6 4
A 61 B	5/055	3 5 5
A 61 B	5/055	3 7 0
A 61 B	5/055	3 2 0

請求項の数 9 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2017-94059 (P2017-94059)
 (22) 出願日 平成29年5月10日 (2017.5.10)
 (65) 公開番号 特開2018-187228 (P2018-187228A)
 (43) 公開日 平成30年11月29日 (2018.11.29)
 審査請求日 令和2年4月27日 (2020.4.27)

(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 100179062
 弁理士 井上 正
 (74) 代理人 100189913
 弁理士 鶴飼 健

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気共鳴イメージング装置および異常箇所検出方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

コイルエレメントを有する R F コイル装置と、
 前記 R F コイル装置を接続可能なポートと、
 R F パルスおよび傾斜磁場を印加しない状態で前記 R F コイル装置により検出された信号を、前記ポートを介して受信し、A D 変換器で A D 変換を行なう受信回路と、
 前記受信回路により受信された信号に基づいて異常を検出する検出部と、を備え、
 前記受信回路は、少なくとも 1 つの前記 R F コイル装置が前記ポートに接続された状態で、前記コイルエレメントと前記 A D 変換器との間の区間に設けられた少なくとも 1 つのスイッチの ON / OFF を切り替えて前記信号を受信し、

10

前記検出部は、
 前記コイルエレメントと前記 A D 変換器とが接続された状態にある第 1 の経路の信号と、前記コイルエレメントと前記 A D 変換器とが接続されていない状態にある第 2 の経路の信号とを比較して、前記異常を検出する、

磁気共鳴イメージング装置であって、

前記 R F コイル装置は、前記コイルエレメントからの出力を増幅するプリアンプを有し、

前記第 2 の経路の信号は、前記 R F コイル装置が接続されていないポートに関する信号であって、

前記検出部は、前記異常として、前記プリアンプから前記スイッチまでの経路の異常を

20

検出する、

磁気共鳴イメージング装置。

【請求項 2】

コイルエレメントを有する R F コイル装置と、

前記 R F コイル装置を接続可能なポートと、

R F パルスおよび傾斜磁場を印加しない状態で前記 R F コイル装置により検出された信号を、前記ポートを介して受信し、A D 変換器で A D 変換を行なう受信回路と、

前記受信回路により受信された信号に基づいて異常を検出する検出部と、を備え、

前記受信回路は、少なくとも 1 つの前記 R F コイル装置が前記ポートに接続された状態で、前記コイルエレメントと前記 A D 変換器との間に設けられた少なくとも 1 つのスイッチの ON / OFF を切り替えて前記信号を受信し、

前記検出部は、

前記コイルエレメントと前記 A D 変換器とが接続された状態にある第 1 の経路の信号と、前記コイルエレメントと前記 A D 変換器とが接続されていない状態にある第 2 の経路の信号とを比較して、前記異常を検出する、

磁気共鳴イメージング装置であって、

前記ポートは、複数の端子を有し、

前記第 2 の経路の信号は、前記 R F コイル装置が接続された前記ポートにおいて、前記複数の端子のうち前記コイルエレメントが接続されていない端子に関する信号であって、

前記検出部は、前記異常として、前記コイルエレメントから前記端子までの経路の異常を検出する、

磁気共鳴イメージング装置。

【請求項 3】

前記スイッチは、前記コイルエレメントにおける電気的結合を切り離すデカップリングスイッチであって、

前記検出部は、前記デカップリングスイッチが ON 状態にあるときに取得された前記第 1 の経路の信号と、前記デカップリングスイッチが OFF 状態にあるときに取得された前記第 1 の経路の信号とを、同一のコイルエレメントに関して比較することにより、前記コイルエレメントから前記プリアンプまでの経路の異常をさらに検出する、

請求項 1 記載の磁気共鳴イメージング装置。

【請求項 4】

前記スイッチは、前記プリアンプへの入力として、前記 R F コイル装置に設けられた終端抵抗と前記コイルエレメントとの接続を切り替えるエレメントスイッチであって、

前記検出部は、

前記 R F コイル装置が接続されたポートにおいて前記プリアンプと前記終端抵抗とが接続された状態にあるときに取得された前記第 2 の経路の信号と、前記 R F コイル装置が接続されていないポートに関する前記第 2 の経路の信号とを比較することにより、前記プリアンプから前記 A D 変換器までの経路の異常をさらに検出する、

請求項 1 記載の磁気共鳴イメージング装置。

【請求項 5】

前記受信回路は、前記 A D 変換器と前記スイッチとの間の経路に設けられたアンプをさらに有し、

前記第 1 の経路の信号と前記第 2 の経路の信号とは、前記アンプを介して出力された信号である、

請求項 1 乃至 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。

【請求項 6】

前記検出部は、前記異常の検出を、被検体に対する検査時間外に実行する、

請求項 1 乃至 5 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 7】

前記検出部は、

10

20

30

40

50

所定の期間に亘って前記第1の経路の信号を平均化することにより、前記第1の経路の信号のレベルを取得し、

前記期間に亘って前記第2の経路の信号を平均化することにより、前記第2の経路の信号のレベルを取得し、

前記第1の経路の信号のレベルと前記第2の経路の信号のレベルとを比較することにより、前記異常を検出する、

請求項1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】

コイルエレメントと前記コイルエレメントからの出力を増幅するプリアンプと前記コイルエレメントにおける電気的結合を切り離すデカップリングスイッチとを有するRFコイル装置と、

10

前記RFコイル装置が接続されたポートと、

撮像空間に配置されたファントムに対するRFパルスおよび傾斜磁場の印加により発生された磁気共鳴信号を前記ポートを介して受信し、前記RFパルスおよび前記傾斜磁場を印加しない状態で前記RFコイル装置により検出された検出信号を前記ポートを介して受信し、AD変換器でAD変換を行なう受信回路と、

前記磁気共鳴信号に基づいて前記ファントムの信号対雑音比を測定し、前記信号対雑音比が所定の規格値未満となった場合、前記検出信号に基づいて異常を検出する検出部と、

前記異常の箇所を表示するディスプレイと、

を備え、

20

前記受信回路は、前記コイルエレメントと前記AD変換器との間の区間に設けられた少なくとも1つのスイッチのON/OFFを切り替えて前記検出信号を受信し、

前記検出部は、

前記検出信号のうち、前記コイルエレメントと前記AD変換器とが接続された状態にある第1の経路の信号と、前記コイルエレメントと前記AD変換器とが接続されていない状態にある第2の経路の信号とを比較して、前記異常を検出し、

前記デカップリングスイッチがON状態にあるときに取得された前記第1の経路の信号と前記デカップリングスイッチがOFF状態にあるときに取得された前記第1の経路の信号とを、同一のコイルエレメントに関して比較することにより、前記コイルエレメントから前記プリアンプまでの経路の異常をさらに検出する、

30

磁気共鳴イメージング装置。

【請求項9】

コイルエレメントと前記コイルエレメントからの出力を増幅するプリアンプと前記コイルエレメントにおける電気的結合を切り離すデカップリングスイッチとを有するRFコイル装置が接続されたポートを介して、RFパルスおよび傾斜磁場を印加しない状態で前記RFコイル装置により検出された信号を受信し、AD変換器でAD変換を行なうことと、

前記受信された信号に基づいて異常を検出することと、

を備える異常箇所検出方法であって、

前記信号を受信することは、

前記コイルエレメントと前記AD変換器との間の区間に設けられた少なくとも1つのスイッチのON/OFFを切り替えて行い、

40

前記異常を検出することは、

前記コイルエレメントと前記AD変換器とが接続された状態にある第1の経路の信号と、前記コイルエレメントと前記AD変換器とが接続されていない状態にある第2の経路の信号とを比較して、異常を検出し、

前記デカップリングスイッチがON状態にあるときに取得された前記第1の経路の信号と前記デカップリングスイッチがOFF状態にあるときに取得された前記第1の経路の信号とを、同一のコイルエレメントに関して比較することにより、前記コイルエレメントから前記プリアンプまでの経路の異常をさらに検出すること、

をさらに備える異常箇所検出方法。

50

【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および異常箇所検出方法に関する。

【背景技術】**【0002】**

従来、磁気共鳴イメージング (Magnetic Resonance imaging : MRI) 装置における高周波 (Radio Frequency : RF) コイルの故障の有無の確認方法として、ファントムを用いて信号対雑音比 (signal to noise ratio : SNR) を測定することがある。具体的には、磁気共鳴イメージング装置の定期点検における画質確認や、画質低下等の異常画像が発生した場合において、ファントムを RF コイルにセッティングし、SNR の測定が実行される。10

【0003】

測定された SNR の値が規格値に未達となった場合、SNR の測定時点において、磁気共鳴イメージング装置本体 (システム) に異常があるのか、RF コイルに異常があるのか、弁別できない問題点がある。このため、経験の浅いサービスマンの場合、RF コイルに異常があるのか、システムに異常があるのか切り分けるのに時間が掛かったり、正常な RF コイルや部品を交換してしまうことにより修理費用の無駄が発生したりする問題がある。20

【0004】

加えて、MRI 装置において、撮像対象の部位に対応して複数の RF コイルが用いられるため、SNR 測定用のファントムも複数存在する。このため、RF コイルとファントムとの組み合わせ、およびファントムのセッティング手順を操作者が覚えておくことは困難である為、リモートすなわち無人で、SNR を測定することができず、操作者は、マニュアルを見ながら SNR の測定の作業を行うこととなる。これらのことから、SNR の測定がそもそも煩雑であるという問題がある。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0005】****【特許文献 1】実開平 6 - 50606 号公報**

30

【特許文献 2】特開 2006 - 223383 号公報**【特許文献 3】特開 2014 - 207943 号公報****【特許文献 4】特開 2009 - 165538 号公報****【特許文献 5】特開平 2 - 96679 号公報****【特許文献 6】特開 2015 - 202255 号公報****【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0006】**

目的は、異常箇所を検出可能な磁気共鳴イメージング装置および異常箇所検出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】**【0007】**

本実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置は、複数のポートと、受信回路と、検出部とを有する。前記複数のポートは、複数のコイルエレメントを有する RF コイル装置に接続可能であって、前記コイルエレメントに対応する複数の端子を有する。前記受信回路は、前記端子と終端抵抗とを複数の受信チャネル各々への入力として切り替える切り替えスイッチを有する。前記検出部は、前記受信チャネルへの入力を前記端子から前記終端抵抗へ切り替え後、前記受信チャネルから出力された出力信号のレベルを前記受信チャネル間で比較することにより、前記受信チャネルにおける異常の有無を検出する。

【図面の簡単な説明】

50

【0008】

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

【図2】図2は、本実施形態におけるRFコイル装置および受信回路に関する構成の一例を示すブロック図である。

【図3】図3は、本実施形態において、受信回路のより詳細な構成の一例を示す図である。

【図4】図4は、本実施形態における異常箇所検出機能の処理手順の一例を示す図である。

【図5】図5は、本実施形態における異常箇所検出機能の処理手順の一例を示す図である

【図6】図6は、本実施形態における異常箇所検出機能において、3つの受信チャネル各々における第1ノイズレベルの一例と、アンプのゲインとの一例を示す図である。

【図7】図7は、本実施形態における異常箇所検出機能において、2つのコイルエレメントに関する2つの第2ノイズレベルと、一つの第3ノイズレベルと、プリアンプのゲインとの一例を示す図である。

【図8】図8は、本実施形態における異常箇所検出機能において、コイルエレメントに対応する第4ノイズレベルと、第5ノイズレベルとの一例を示す図である。

【図9】図9は、第1の変形例に係るRFコイル装置の構成の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、図面を参照しながら本実施形態に係わる磁気共鳴イメージング装置を説明する。なお、以下の説明において、略同一の機能及び構成を有する構成要素については、同一符号を付し、重複説明は必要な場合に行う。

【0010】

図1は、本実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置1の全体構成を示すブロック図である。磁気共鳴イメージング装置1は、架台100、寝台500、制御キャビネット300、コンソール400、WB(Whole Body)コイル12、RF(Radio Frequency)コイル装置20を備える。

【0011】

架台100は、静磁場磁石10、傾斜磁場コイル11、およびWB(Whole Body)コイル12を有しており、これらの構成は略円筒形状の筐体に収納されている。寝台500は、寝台本体50と天板51を有している。

【0012】

制御キャビネット300は、静磁場用電源30、傾斜磁場電源31(X軸用31x、Y軸用31y、Z軸用31z)、受信回路32、送信回路33、及びシーケンスコントローラ回路34を備えている。

【0013】

架台100の静磁場磁石10は、略円筒形状をなしており、被検体P、例えば患者が搬送されるボア内に静磁場を発生させる。ボアとは、架台100の円筒内部の空間のことである。静磁場磁石10は、例えば超電導コイルを内蔵する。液体ヘリウムによって超電導コイルは、極低温に冷却されている。

【0014】

静磁場磁石10は、励磁モードにおいて静磁場用電源30から供給される電流を超電導コイルに印加することで静磁場を発生する。静磁場の発生後、永久電流モードに移行すると、静磁場磁石は、静磁場用電源30から切り離される。一旦永久電流モードに移行すると、静磁場磁石10は長時間、例えば1年以上に亘って、静磁場を発生し続ける。なお、静磁場磁石10は、超電導磁石として説明したが、超電導磁石に限らず、永久磁石を用いて静磁場を形成してもよい。なお、静磁場磁石10は、略円筒形状に限らず、開放型の形状で構成されてもよい。

10

20

30

40

50

【0015】

傾斜磁場コイル11も略円筒形状をなし、静磁場磁石10の内側に固定されている。この傾斜磁場コイル11は、傾斜磁場電源(31x、31y、31z)から供給される電流によりX軸、Y軸、Z軸の各方向に傾斜磁場を被検体Pに印加する。

【0016】

寝台500の寝台本体50は、天板51を上下方向及び水平方向に移動することができる。寝台本体50は、撮像前に天板51に載置された被検体Pを所定の高さまで移動させる。所定の高さまで天板が移動されると、寝台本体50は、撮像時には天板51を水平方向に移動させることにより、被検体Pをボア内に移動させる。

【0017】

天板51には、RFコイル装置20が接続可能な複数のポート53が設けられる。複数のポートのうち1つのポートまたは数個のポートに、RFコイル装置20におけるケーブルの先端に設けられたコネクタが接続される。複数のポート53各々は、RFコイル装置20が有する複数のコイルエレメント(ループ部)に対応する複数の端子を有する。なお、ポート53の設置場所は天板51に限定されず、寝台本体50または架台100等にポート53が設けられてもよい。

【0018】

WBコイル12は全身用コイルとも呼ばれ、傾斜磁場コイル11の内側に被検体Pを取り囲むように略円筒形状に固定されている。WBコイル12は、送信回路33から伝送されたRFパルスを被検体Pに向けて送信する。WBコイル12は、例えば水素原子核の励起によって被検体Pから放出される磁気共鳴信号、即ちMR(Magnetic Resonance)信号を受信する。

【0019】

磁気共鳴イメージング装置1は、WBコイル12の他、図1に示すようにRFコイル装置20を備える。RFコイル装置20は、被検体Pの体表面に近接して載置される複数のコイルエレメントを有する。RFコイル装置20は、例えば頭部コイルや、膝用コイル、腹部用コイル、肩用コイル、乳房用コイル、足用コイルなどである。RFコイル装置20は、送受信兼用のRFコイルとして構成されてもよいし、送信専用や受信専用のRFコイルとして構成されてもよい。RFコイル装置20の詳細な構成については後述する。

【0020】

送信回路33は、シーケンスコントロール回路34からの指示に基づいてRFパルスを生成する。生成したRFパルスはWBコイル12または、RFコイル装置20に伝送され、被検体Pに印加される。RFパルスの印加により、被検体PにおいてMR信号が発生する。WBコイル12またはRFコイル装置20は、MR信号を受信する。

【0021】

なお、図1では、送信回路33は、WBコイル12に向けてRFパルスを供給するように示しているが、例えば、RFコイル装置20がRFパルスを送信可能なように構成してもよい。

【0022】

RFコイル装置20で受信したMR信号、より具体的には、RFコイル装置20内の複数のコイルエレメント各々で受信したMR信号は、RFコイル装置20と寝台本体50とを接続するケーブルとポート53とを介して受信回路32に出力される。受信回路32は、MR信号をAD(Analog to Digital)変換して、シーケンスコントロール回路34に出力する。MR信号をAD変換するための具体的な構成については、RFコイル装置20の詳細な構成と併せて後述する。デジタル化されたMR信号は、MRデータと呼ばれることがある。また、このMR信号は、フーリエ変換によって実空間データに変換される前の空間周波数データであるため、k空間データと呼ばれることがある。

【0023】

シーケンスコントロール回路34は、コンソール400による制御のもと、傾斜磁場電源31、送信回路33および受信回路32をそれぞれ駆動することによって、被検体Pに

10

20

30

40

50

対してスキャンを実行する。スキャンによって受信回路 3 2 から M R データを受信する 10 と、シーケンスコントロール回路 3 4 は、受信した M R データをコンソール 4 0 0 に送信する。

【 0 0 2 4 】

シーケンスコントロール回路 3 4 は、所定のプログラムを実行するプロセッサを有する。 「プロセッサ」とは、例えば、CPU(Central Processing Unit)、GPU(Graphics Processing Unit)、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:SP LD)、複合プログラマブル論理デバイス(Complex Programmable Logic Device:CPLD)、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、プロセッサの回路内に組み込まれた記憶領域または記憶回路 4 1 からプログラムを読み出して実行することで各種機能を実現する。なお、各実施形態におけるプロセッサは、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て 1 つのプロセッサとして構成し、その機能を実現するよう にしてよい。

【 0 0 2 5 】

コンソール 4 0 0 は、処理回路 4 0 、記憶回路 4 1 、ディスプレイ 4 2 、入力インターフェイス回路 4 3 、および通信インターフェイス回路 4 4 を備えている。コンソール 4 0 0 は、ホスト計算機として機能する。

【 0 0 2 6 】

記憶回路 4 1 は、ROM(Read Only Memory)や RAM(Random Access Memory)の他、HDD(Hard Disk Drive)や光ディスク装置等の外部記憶装置を含む記憶媒体である。記憶回路 4 1 は、各種の情報やデータを記憶する他、処理回路 4 0 におけるプロセッサが実行する各種プログラムを記憶する。

【 0 0 2 7 】

入力インターフェイス回路 4 3 は、例えば、マウス、キーボード、タッチパネル等であり、各種の情報やデータを操作者が入力するための種々のデバイスを含む。ディスプレイ 4 2 は、液晶ディスプレイパネル、プラズマディスプレイパネル、有機ELパネル等の表示デバイスであり、表示部に対応する。

【 0 0 2 8 】

処理回路 4 0 は、例えば、プロセッサおよびメモリを備える回路である。プロセッサは、記憶回路 4 1 に記憶した各種プログラムを実行することによって、後述する各種機能を実現する。また、処理回路 4 0 は、プロセッサとプログラムによるソフトウェア処理と、ハードウェア処理とを組わせて、各種機能を実現することもできる。

【 0 0 2 9 】

通信インターフェイス回路 4 4 は、LAN(Local Area Network)やインターネット等のネットワークを介して、本磁気共鳴イメージング装置 1 の外部の機器、カスタマーサービスセンタ等の施設、本磁気共鳴イメージング装置 1 に係るサービスマンが有する端末機器等に対して、情報の授受を行う。

【 0 0 3 0 】

以上が、本実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置 1 の全体構成についての説明である。続いて、本実施形態の詳細について説明する。

【 0 0 3 1 】

図 2 は、本実施形態における RF コイル装置 2 0 および受信回路 3 2 に関する構成の一例を示すブロック図である。図 2 における RF コイル装置 2 0 には、説明を簡単にするために、一つのコイルエレメント 2 0 1 、コイルエレメント 2 0 1 に関するプリアンプ 2 0

10

20

30

40

50

3、デカップリングスイッチ 205 が記載されている。RFコイル装置 20 は、複数のコイルエレメントと、コイルエレメント 201 各々に接続されたプリアンプ 203 と、コイルエレメント 201 各々に設けられたデカップリングスイッチ 205 とを有する。コイルエレメント 201 各々は、デカップリングスイッチ 205 が OFF 状態のとき、ループ構造を形成する。

【0032】

コイルエレメント 201 各々は、RFパルスの印加によって被検体 P から発生された MR 信号を受信する。コイルエレメント 201 各々は、自身の温度に起因する熱雑音に関する信号を発生する。

【0033】

プリアンプ 203 は、コイルエレメント 201 各々から出力された信号を増幅する。プリアンプ 203 により増幅された信号は、天板 51 に設けられたポート 53 における複数の端子を介して、コイルエレメント 201 毎に受信回路 32 に出力される。

10

【0034】

デカップリングスイッチ 205 は、RFパルスがコイルエレメント 201 各々に印加されるとき、すなわち RF 送信モードのときに、処理回路 40 における切り替え機能 401 の制御のもとで ON となる。このとき、コイルエレメント 201 各々においてループ構造は切斷され、コイルエレメント 201 各々の電気的結合は切り離される。また、デカップリングスイッチ 205 は、MR 信号を受信する受信モードのときに、切り替え機能 401 の制御のもとで OFF となる。

20

【0035】

受信回路 32 は、チャネル分配器 321 とアナログディジタル (A/D) 変換器 323 とを有する。図 3 は、受信回路 32 のより詳細な構成の一例を示す図である。図 3 に示すように、RFコイル装置 20 に接続されたポート 53 を介して、複数のコイルエレメント 201 各々において生成された信号は、受信回路 32 に出力される。受信回路 32 は、1つのポート 53 に対して、複数の信号経路（以下、受信チャネルと呼ぶ）を有する。複数の受信チャネルの数は、例えば、コイルエレメント 201 の数に対応する。

【0036】

受信チャネル 325 各々は、アンプ 3211 と、A/D 変換回路 3231 と、不図示の検波器とにより構成される信号経路である。アンプ 3211 は、入力した信号を増幅する。A/D 変換回路 3231 は、入力したアナログ信号を、デジタル信号に変換する。検波器は、A/D 変換回路 3231 の前段（RFコイル装置側）または後段（処理回路側）に設けられる。検波器は、入力した信号に対して位相検波を実行する。

30

【0037】

チャネル分配器 321 は、複数のアンプ 3211 と、終端抵抗 3213 と、切り替えスイッチ 3215 とを有する。チャネル分配器 321 は、切り替え機能 401 により選択された受信チャネル 325 各々に、端子または終端抵抗 3213 から出力された信号を分配する。なお、チャネル分配器 321 は、寝台本体 50 内に設けられてもよいし、架台 100 内に設けられてもよい。

【0038】

終端抵抗 3213 は、例えば、50 の終端抵抗である。終端抵抗 3213 は、自身の抵抗値に応じた熱雑音の信号を発生する。なお、終端抵抗 3213 は、チャネル分配器 321 に複数設けられてもよい。また、終端抵抗 3213 は、チャネル分配器 321 内に設けられることに限定されず、受信回路 32 の内外に設けられてもよい。

40

【0039】

切り替えスイッチ 3215 は、複数の端子各々からの入力を、複数の受信チャネル 325 各々に接続するスイッチである。また、切り替えスイッチ 3215 は、切り替え機能 401 により、終端抵抗 3213 を受信チャネル 325 各々に接続する。このとき、受信チャネル 325 各々には、終端抵抗 3213 で生成された信号が入力される。このように、チャネル分配器 321 は、端子を介して入力されたコイルエレメント 201 各々の出力、

50

または終端抵抗 3213 からの出力を、受信チャネル 325 各々に分配する。

【0040】

処理回路 40 は、異常箇所検出機能に係る各種機能（切り替え機能 401、検出機能 403、測定機能 405）を有する。異常箇所検出機能とは、コイルエレメント 201 各々から受信チャネル 325 各々までの経路において異常箇所を検出する機能である。具体的には、異常箇所検出機能は、受信チャネル 325 各々（本磁気共鳴イメージング装置 1 のシステム側）の異常と、プリアンプ 203 を含むプリアンプ 203 から切り替えスイッチ 3215 までの経路の異常と、コイルエレメント 201 からプリアンプ 203 までの経路の異常とのうちいずれか一つの異常を検出する機能である。本実施形態に係る異常箇所検出方法は、下記の異常箇所検出機能により実現される。異常箇所検出機能における処理手順については、後程詳述する。切り替え機能 401、検出機能 403、測定機能 405 にて実行される処理手順は、コンピュータによって実行可能なプログラムの形態で記憶回路 41 に記憶されている。処理回路 40 は、これら各種機能に対応するプログラムを記憶回路 41 から読み出し、自身のメモリに展開し、実行することで各プログラムに対応する機能を実現する。換言すると、各プログラムを読みだした状態の処理回路 40 は、図 1 の処理回路 40 内に示された各機能を有することとなる。

10

【0041】

なお、図 1 においては单一の処理回路 40 にてこれら各種機能が実現されるものとして説明したが、複数の独立したプロセッサを組み合わせて処理回路 40 を構成し、各プロセッサがプログラムを実行することにより機能を実現するものとしても構わない。換言すると、上述のそれぞれの機能がプログラムとして構成され、1 つの処理回路が各プログラムを実行する場合であってもよいし、特定の機能が専用の独立したプログラム実行回路に実装される場合であってもよい。なお、処理回路 40 において実現される切り替え機能 401、検出機能 403、測定機能 405 は、それぞれ切り替え部、検出部、測定部の一例である。

20

【0042】

処理回路 40 は、切り替え機能 401 により、切り替えスイッチ 3215 およびデカップリングスイッチ 205 を制御する。具体的には、RF コイル装置 20 がポート 53 に接続されると、処理回路 40 は、複数の端子各々を複数の受信チャネル 325 各々に接続するため、切り替えスイッチ 3215 を制御する。処理回路 40 は、RF 送信モードのときにコイルエレメント 201 各々においてループ構造を切断するようにデカップリングスイッチ 205 を制御し、RF 受信モードのときにコイルエレメント 201 各々においてループ構造を形成するようにデカップリングスイッチ 205 を制御する。

30

【0043】

処理回路 40 は、検出機能 403 により、複数の受信チャネル 325 各々から出力された出力信号のレベルを受信チャネル間で比較することで、コイルエレメント 201 各々から受信チャネル 325 各々までの経路において異常箇所を検出する。

【0044】

処理回路 40 は、測定機能 405 により、ファントムに対して設置された RF コイル装置 20 からの出力に基づいて、信号対雑音比（signal to noise ratio : SNR）を測定する。具体的には、処理回路 40 は、まず、受信チャネル 325 への入力を終端抵抗 3213 から端子に切り替える。ボアにおける磁場中心付近の撮像に適した空間（撮像空間）に配置されたファントムに対する RF パルスおよび傾斜磁場の印加により発生された磁気共鳴信号を、シーケンスコントロール回路 34 から受信する。処理回路 40 は、ファントムに関する MR データに基づいて、ファントムの SNR を測定する。処理回路 40 は、デフォルト値として記憶回路 41 に予め記憶された所定の規格値を、記憶回路 41 から読み出す。処理回路 40 は、SNR が所定の規格値未満か否かを判定する。なお、所定の規格値は、入力インターフェイス回路 43 等を介して、サービスマンまたは操作者により入力されてもよい。SNR が規格値未満となっている場合、処理回路 40 は、異常箇所検出機能を実行する。

40

50

【 0 0 4 5 】

以下、本実施形態における異常箇所検出機能の処理手順について説明する。図4および図5は、異常箇所検出機能の処理手順の一例を示す図である。

(異常箇所検出機能)

【 0 0 4 6 】

(ステップSa1)

処理回路40は、ポート53とRFコイル装置20との接続を確認するための接続確認信号を、複数のポート53各々に出力する。RFコイル装置20がポート53に接続されると、RFコイル装置20は、接続確認信号に応答して、RFコイル装置20自身のコイル識別IDに対応した2値化データを、処理回路40に出力する。処理回路40は、2値化されたデータの受信に基づいて、RFコイル装置20が接続されたポート53を特定する。処理回路40は、2値化データに対するコイル識別IDの対応表と、RFコイル装置20から出力された2値化データとを照合することにより、ポート53に接続されたRFコイル装置20の種別、チャネル数等を特定する。対応表は、処理回路40自身におけるメモリ、または記憶回路41に記憶される。処理回路40は、特定したポート53における複数の端子各々を受信チャネル325各々に接続するように、切り替えスイッチ3215を制御する。

【 0 0 4 7 】

RFコイル装置20がポート53に接続された状態において、処理回路40は、異常箇所検出機能を起動する。異常箇所検出機能の起動は、例えば、被検体Pに対する検査時間外に自動的に実行される。検査時間外の一例として、深夜における磁気共鳴イメージング装置1の待機時間帯が挙げられる。また、異常箇所検出機能の起動は、RFコイル装置20がポート53に接続された状態において、通信インターフェイス回路44を介した外部からの指示により、実行されてもよい。なお、異常箇所検出機能の起動の開始は、被検体Pに対する検査時間外に限定されない。例えば、入力インターフェイス回路43を介した操作者の指示を契機として、異常箇所検出機能が実行されてもよい。

【 0 0 4 8 】

異常箇所検出機能が起動されると、処理回路40は、切り替え機能401により、受信チャネル325各々を端子から終端抵抗3213に順次接続するように、切り替えスイッチ3215を制御する。このとき、受信チャネル325には終端抵抗3213で発生した信号が入力される。

【 0 0 4 9 】

受信回路32は、RFパルスおよび傾斜磁場を印加しない状態で、終端抵抗3213において生成された第1ノイズを受信する。具体的には、受信回路32は、第1ノイズをアンプ3211で増幅し、増幅した信号をAD変換回路3231によりデジタル信号（以下、第1ノイズ信号と呼ぶ）に変換する。受信回路32は、終端抵抗3213に接続された受信チャネル325に対応する第1ノイズ信号を、処理回路40に出力する。

【 0 0 5 0 】

処理回路40は、自身のメモリに、複数の受信チャネルに対応する複数の第1ノイズ信号を一時的に記憶する。好適には、処理回路40は、第1ノイズ信号の受信期間に亘って、第1ノイズ信号各々を平均化して、平均化したノイズ信号（以下、第1ノイズレベルと呼ぶ）を受信チャネルごとに記憶する。これにより、ノイズ信号における受信期間に亘る時間的なばらつきを抑えることができる。以上の処理により、処理回路40は、受信チャネルから出力された出力信号のレベル、すなわち第1ノイズレベルを取得する。

【 0 0 5 1 】

(ステップSa2)

処理回路40は、検出機能403により、複数の受信チャネルに対応する複数の第1ノイズレベルを、受信チャネル間で比較する。なお、処理回路40は、アンプ3211の利得（ゲイン）を用いて、受信チャネル間での第1ノイズレベルの比較を実行してもよい。このとき、アンプ3211のゲインは、例えば、デシベルを単位として、処理回路40自

身のメモリまたは記憶回路 4 1 に記憶される。

【 0 0 5 2 】

(ステップ S a 3)

処理回路 4 0 は、複数の受信チャネル間での第 1 ノイズレベルの比較により、第 1 ノイズレベルの間ににおける所定の差異の有無を判定する。所定の差異とは、例えば、アンプ 3 2 1 1 のゲインに対応する電圧幅、複数の第 1 ノイズレベルの標準偏差の定数倍で規定される電圧幅等である。所定の差異は、デフォルト値として記憶回路 4 1 に予め記憶される。なお、所定の差異は、入力インターフェイス回路 4 3 等を介して、サービスマンまたは操作者により入力されてもよい。具体的には、処理回路 4 0 は、複数の第 1 ノイズレベルおよび所定の差異を用いて、複数の第 1 ノイズレベルにおける外れ値(異常値)に相当する第 1 ノイズレベルを特定する。第 1 ノイズレベルの外れ値の検出手法として、上記標準偏差を用いた統計的方法等に限定されず、例えば、距離に基づく外れ値の検出、クラスタリングによる外れ値の検出など、各種検出手法が用いられてもよい。10

【 0 0 5 3 】

受信チャネル間での第 1 ノイズレベルに所定の差異があれば(ステップ S a 3 の Y e s)、ステップ S a 4 の処理が実行される。受信チャネル間での第 1 ノイズレベルに所定の差異が無ければ(ステップ S a 3 の N o)、ステップ S a 5 の処理が実行される。

【 0 0 5 4 】

(ステップ S a 4)

処理回路 4 0 は、外れ値に対応する第 1 ノイズレベルに関する受信チャネルを、異常であると判定する。具体的には、複数の受信チャネルに対応する複数の第 1 ノイズレベルのうち、チャネル数の過半数を超える多くの第 1 ノイズレベルが概ね同じレベルであって、外れ値に相当する第 1 ノイズレベルが特定された場合、処理回路 4 0 は、特定した第 1 ノイズレベルに関する受信チャネルを、異常な受信チャネルとして判定する。処理回路 4 0 は、異常と判定した受信チャネルの情報を、ディスプレイ 4 2 に表示する。なお、処理回路 4 0 は、異常と判定した受信チャネルの情報を、通信インターフェイス回路 4 4 を介してサービスマン等に通知してもよい。20

【 0 0 5 5 】

図 6 は、3 つの受信チャネル(c h 1 、 c h 2 、 c h 3)各々における第 1 ノイズレベルの一例と、アンプ 3 2 1 1 のゲイン A G N との一例を示す図である。3 つの受信チャネルが正常であれば、終端抵抗 3 2 1 3 により生成されるノイズ信号は、すべて略同一なノイズレベルとなる。図 6 に示すように、受信チャネル c h 1 に関する第 1 ノイズ信号 c h 1 n s の第 1 ノイズレベル c h 1 N L と、受信チャネル c h 2 に関する第 1 ノイズ信号 c h 2 n s の第 1 ノイズレベル c h 2 N L とは、互いに略同一なノイズレベルである。一方、図 6 において、受信チャネル c h 3 に関する第 1 ノイズ信号 c h 3 n s の第 1 ノイズレベル c h 3 N L は、第 1 ノイズレベル c h 1 N L および第 1 ノイズレベル c h 2 N L に対して、概ね、アンプ 3 2 1 1 のゲイン A G N だけ低い電圧となっている。すなわち、図 6 によれば、受信チャネル c h 3 に関する第 1 ノイズレベル c h 3 N L は、外れ値に相当する。このとき、処理回路 4 0 は、受信チャネル c h 3 を異常であると判定する。第 1 ノイズレベル c h 3 N L が図 6 に示すような場合、処理回路 4 0 は、例えば、受信チャネル c h 3 における信号線の断線、受信チャネル c h 3 に関する切り替えスイッチ 3 2 1 5 の故障、受信チャネル c h 3 のアンプ 3 2 1 1 の故障等を、異常と判定した受信チャネル c h 3 の情報として、ディスプレイ 4 2 に表示する。30

【 0 0 5 6 】

(ステップ S a 5)

処理回路 4 0 は、切り替えスイッチ 3 2 1 5 より後段側(受信チャネル 3 2 5 及び処理回路 4 0)を、正常であると判定する。次いで、処理回路 4 0 は、切り替え機能 4 0 1 により、受信チャネル 3 2 5 各々を端子各々に接続するように切り替えスイッチ 3 2 1 5 を制御する。40

【 0 0 5 7 】

50

この制御により、切り替えスイッチ3215は、受信チャネル325への入力を、終端抵抗3213からポート53における端子へ切り替える。具体的には、切り替えスイッチ3215は、切り替え機能401により、RFコイル装置20が接続されているポート53における複数の端子を受信チャネルに接続する。加えて、切り替えスイッチ3215は、切り替え機能401における制御により、RFコイル装置20が未接続のポート53における複数の端子を受信チャネルに接続する。

【0058】

(ステップSa6)

RFコイル装置20が接続されているポート53における複数の端子には、コイルエレメント201において発生した第2ノイズが入力する。第2ノイズはコイルエレメント201のインピーダンスに応じた熱雑音である。このとき、受信回路32は、RFパルスおよび傾斜磁場を印加しない状態で第2ノイズを受信し、第2ノイズに対応する第2ノイズ信号を処理回路40に出力する。処理回路40は、平均化した第2ノイズ信号(以下、第2ノイズレベルと呼ぶ)を、第2ノイズの発生に起因するコイルエレメント201と対応付けて記憶する。

10

【0059】

RFコイル装置20が未接続のポート53における複数の端子各々は、第3ノイズを発生する。第3ノイズはポート53のインピーダンスに応じた熱雑音である。このとき、受信回路32は、RFパルスおよび傾斜磁場を印加しない状態で第3ノイズを受信し、第3ノイズに対応する第3ノイズ信号を処理回路40に出力する。処理回路40は、平均化した第3ノイズ信号(以下、第3ノイズレベルと呼ぶ)を受信チャネルごとに記憶する。

20

【0060】

以上の処理により、処理回路40は、RFコイル装置20が接続されたポートに関する第2ノイズレベルと、RFコイル装置20が未接続のポートに関する第3ノイズレベルとが取得される。

【0061】

(ステップSa7)

処理回路40は、検出機能403により、第2ノイズレベルと第3ノイズレベルとを比較する。具体的には、処理回路40は、RFコイル装置20が接続されたポートと、RFコイル装置20が未接続のポートとにおいて、ポート間でのノイズレベルを比較する。より詳細には、処理回路40は、RFコイル装置20が接続されたポートにおける端子に接続された受信チャネルと、RFコイル装置20が未接続のポートにおける端子に接続された受信チャネルとにおいて、複数のポート間であってかつ複数の受信チャネル間でのノイズレベルを比較する。

30

【0062】

(ステップSa8)

処理回路40は、第2ノイズレベルと第3ノイズレベルとの間で、プリアンプ203のゲインに対応する差異の有無を判定する。RFコイル装置20が接続されたポートに関する第2ノイズレベルと、RFコイル装置20が未接続のポートに関する第3ノイズレベルとの間でプリアンプ203のゲインに対応する差異が無ければ(ステップSa8のYes)、すなわち第2ノイズレベルと第3ノイズレベルとが略同一なノイズレベルであれば、ステップSa9の処理が実行される。第2ノイズレベルと第3ノイズレベルとの間でプリアンプ203のゲインに対応する差異があれば(ステップSa8のNo)、ステップSa10の処理が実行される。

40

【0063】

(ステップSa9)

処理回路40は、第3ノイズレベルと略同一な第2ノイズレベルに対応するコイルエレメントを特定する。処理回路40は、特定されたコイルエレメントに関して、プリアンプ203を含むプリアンプ203から切り替えスイッチ3215までの経路を、異常であると判定する。処理回路40は、異常と判定した経路の情報を、ディスプレイ42に表示す

50

る。なお、処理回路40は、異常と判定した経路の情報を、通信インターフェイス回路44を介してサービスマン等に通知してもよい。

【0064】

図7は、2つのコイルエレメントに関する2つの第2ノイズレベル($c e 1 N L$ 、 $c e 2 N L$)と、一つの第3ノイズレベル $P 3 N L$ と、ブリアンプ203のゲイン $P G N$ との一例を示す図である。ブリアンプ203を含むブリアンプ203から切り替えスイッチ3215までの経路が正常であれば、第2ノイズレベルと第3ノイズレベルとは、ブリアンプ203のゲイン $P G N$ だけ離れたノイズレベルとなる。図7に示すように、一方のコイルエレメントに関する第2ノイズ信号 $c e 1 n s$ の第2ノイズレベル $c e 1 N L$ は、RFコイル装置20が未接続なポートに関するノイズ信号 $p 3 n s$ のノイズレベル $P 3 N L$ に対して、概ね、ブリアンプ203のゲイン $P G N$ だけ高い電圧となっている。一方、図7において、他方のコイルエレメントに関する第2ノイズ信号 $c e 2 n s$ の第2ノイズレベル $c e 2 N L$ と第3ノイズレベル $P 3 N L$ とは、互いに略同一なノイズレベルである。このとき、処理回路40は、他方のコイルエレメントに関して、ブリアンプ203を含むブリアンプ203から切り替えスイッチ3215までの経路を、異常であると判定する。第2ノイズレベル $c e 2 N L$ が図7に示すような場合、処理回路40は、他方のコイルエレメントに関して、例えば、ブリアンプ203から切り替えスイッチ3215までの経路の断線、ブリアンプ203の故障等を、異常と判定した経路の情報として、ディスプレイ42に表示する。

【0065】

(ステップSa10)

処理回路40は、ブリアンプ203より後段側(受信チャネル側)を、正常であると判定する。次いで、処理回路40は、切り替え機能401により、コイルエレメント201各々に接続するデカップリングスイッチ205のON状態とOFF状態とを切り替えるように、デカップリングスイッチ205を制御する。このとき、受信チャネル325には、デカップリングスイッチ205のON状態に対応し、コイルエレメント201で発生した第4ノイズと、デカップリングスイッチ205のOFF状態に対応し、コイルエレメント201で発生した第5ノイズとが入力する。

【0066】

受信回路32は、RFパルスおよび傾斜磁場を印加しない状態で、デカップリングスイッチ205の切り替えに応じて第4ノイズおよび第5ノイズを受信する。受信回路32は、第4ノイズに対応する第4ノイズ信号と第5ノイズに対応する第5ノイズ信号とを処理回路40に出力する。処理回路40は、平均化した第4ノイズ信号(以下、第4ノイズレベルと呼ぶ)を、第4ノイズの発生に起因するコイルエレメント201およびON状態と対応付けて記憶する。処理回路40は、平均化した第5ノイズ信号(以下、第5ノイズレベルと呼ぶ)を、第5ノイズの発生に起因するコイルエレメント201およびOFF状態と対応付けて記憶する。

【0067】

以上の処理により、ON状態のデカップリングスイッチ205に対応する第4ノイズレベルと、ON状態のデカップリングスイッチ205に対応する第5ノイズレベルとが、全てのコイルエレメントに亘って取得される。

【0068】

(ステップSa11)

処理回路40は、検出機能403により、同一のコイルエレメントに対して、第4ノイズレベルと第5ノイズレベルとを比較する。具体的には、処理回路40は、デカップリングスイッチのON状態およびOFF状態にそれぞれ対応する第4ノイズおよび第5ノイズレベルを、コイルエレメント毎に比較する。処理回路40は、全てのコイルエレメントに亘って、第4ノイズレベルと第5ノイズレベルとの比較を実行する。

【0069】

(ステップSa12)

10

20

30

40

50

処理回路40は、デカップリングスイッチ205の切り替えに伴う第4ノイズレベルと第5ノイズレベルとにおいて、ノイズレベルの変化の有無を判定する。ON状態のデカップリングスイッチ205に対応する第4ノイズレベルと、OFF状態のデカップリングスイッチ205に対応する第5ノイズレベルとに変化が無ければ、(ステップSa12のN0)、すなわちデカップリングスイッチ205のON状態とOFF状態との切り替えにおいて第4ノイズレベルと第5ノイズレベルとに変化が無ければ、ステップSa13の処理が実行される。デカップリングスイッチ205のON状態とOFF状態との切り替えにおいて、第4ノイズレベルと第5ノイズレベルとに変化があれば(ステップSa12のYes)、すなわち第4ノイズレベルと第5ノイズレベルとが略同一なノイズレベルでなければ、ステップSa14の処理が実行される。

10

【0070】

(ステップSa13)

処理回路40は、第4ノイズレベルと第5ノイズレベルとが略同一となるコイルエレメントを特定する。処理回路40は、特定されたコイルエレメントに関して、コイルエレメント201からプリアンプ203までの経路を、異常であると判定する。処理回路40は、異常と判定した経路の情報を、ディスプレイ42に表示する。なお、処理回路40は、異常と判定した経路の情報を、通信インターフェイス回路44を介してサービスマン等に通知してもよい。

【0071】

図8は、コイルエレメント201に対応する第4ノイズレベルONNLと、第5ノイズレベルOFFNLとの一例を示す図である。コイルエレメント201からプリアンプ203までの経路が正常であれば、第4ノイズレベルと第5ノイズレベルとは、相違する。図8に示すように、デカップリングスイッチ205の切り替えに伴って、ノイズレベルは変化していない。すなわち、コイルエレメント201に関する第4ノイズ信号ONnsの第4ノイズレベルONNLは、同一のコイルエレメント201に関する第5ノイズ信号OFFnsの第5ノイズレベルOFFNLと、略同一なノイズレベルとなっている。このとき、処理回路40は、コイルエレメント201に関して、コイルエレメント201からプリアンプ203までの経路を、異常であると判定する。第4ノイズレベルONNLおよび第5ノイズレベルOFFNLが図8に示すような場合、処理回路40は、例えば、コイルエレメント201からプリアンプ203までの経路の断線等を、異常と判定した経路の情報として、ディスプレイ42に表示する。

20

【0072】

(ステップSa14)

処理回路40は、RFコイル装置20から受信回路32までの経路が正常であると判定する。処理回路40は、経路が正常であるとの旨を、ディスプレイ42に表示する。なお、処理回路40は、経路が正常であるとの旨を、通信インターフェイス回路44を介してサービスマン等に通知してもよい。

30

【0073】

なお、上記各処理に置いて、第1乃至第5ノイズレベルの代わりに、第1乃至第5ノイズ信号が用いられてもよい。また、本異常箇所検出機能は、本磁気共鳴イメージング装置1のメンテナンスの一環として、検査時間外において、定期的かつ自動的に実行されてもよい。

40

【0074】

以上に述べた構成によれば、以下に示す効果を得ることができる。

本実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置1によれば、異常箇所検出機能におけるステップSa1乃至ステップSa4の処理により、受信チャネル325への入力を端子から終端抵抗3213へ切り替え後、受信チャネル325から出力された出力信号のレベル(第1ノイズレベル)を受信チャネル間で比較することにより、受信チャネル325における異常の有無を検出することができる。

【0075】

50

また、本磁気共鳴イメージング装置1によれば、異常箇所検出機能におけるステップSa5乃至ステップSa9の処理により、受信チャネル325への入力を終端抵抗3213から端子へ切り替え後、複数のポートのうち、RFコイル装置20が接続されたポートに関する出力信号のレベル(第2ノイズレベル)と、RFコイル装置20が未接続のポートに関する出力信号のレベル(第3ノイズレベル)とを比較することにより、プリアンプ203を含むプリアンプ203から切り替えスイッチ3215までの経路の異常の有無を検出することができる。

【0076】

加えて、本磁気共鳴イメージング装置1によれば、異常箇所検出機能におけるSa10乃至ステップSa14の処理により、受信チャネル325への入力を終端抵抗3213から端子に切り替え後において、デカップリングスイッチ205がON状態である場合の出力信号のレベル(第4ノイズレベル)とデカップリングスイッチ205がOFF状態である場合の出力信号のレベル(第5ノイズレベル)とを比較することにより、コイルエレメント201からプリアンプ203までの経路の異常の有無を検出することができる。

【0077】

これらのことから、本実施形態における磁気共鳴イメージング装置1によれば、RFコイル装置20から受信回路32までの経路においていずれかの場所で故障が発生した場合、異常検出の対象区間として切り分けられた経路の複数の区間各々において、受信回路32の出力端側(処理回路側)からコイルエレメント201に向かって異常(故障)箇所の有無を検出することができる。これにより、本磁気共鳴イメージング装置1によれば、RFコイル装置20をポート53に接続することにより、ファンタム不要で、簡単に、本磁気共鳴イメージング装置1の受信回路32またはRFコイル装置20における故障箇所を特定することができる。

【0078】

また、本磁気共鳴イメージング装置1によれば、SNR測定用のファンタムが不要なため、検査時間外においてポート53に接続されているRFコイル装置20に対して、夜間などの検査時間外に本異常箇所検出機能を実行することにより、事前に異常(故障)箇所を検出することができる。

【0079】

加えて、本磁気共鳴イメージング装置1によれば、例えば、本磁気共鳴イメージング装置1の外部からのリモート(遠隔)操作で本異常箇所検出機能を実行することにより、故障箇所特定することができる。これにより、RFコイル装置20から受信回路32までの経路においていずれかの場所で故障が発生した場合、サービスマンが本磁気共鳴イメージング装置1への修理に行く前に、故障箇所をサービスマンに提示することができる。このため、サービスマンは、本磁気共鳴イメージング装置1への修理に行く前に故障箇所に応じた交換パーツを推測することができ、故障時応答の迅速性および修理費用のコスト低減を向上させることができる。

【0080】

(第1の変形例)

本変形例の実施形態との相違は、RFコイル装置において、プリアンプ203への入力として、RFコイル装置に設けられた他の終端抵抗(以下、プリアンプ終端と呼ぶ)とコイルエレメント201各々とを切り替える他の切り替えスイッチ(以下、エレメントスイッチと呼ぶ)をさらに有することによる。図9は、本変形例に係るRFコイル装置21の構成の一例を示す図である。図9に示すように、RFコイル装置21は、コイルエレメント201各々に応じて、エレメントスイッチ207とプリアンプ終端209とをさらに有する。

【0081】

エレメントスイッチ207は、複数のコイルエレメント201各々とプリアンプ203との間に設けられる。エレメントスイッチ207は、コイルエレメント201とプリアンプ203との接続と、プリアンプ終端209とプリアンプ203との接続を切り替えるス

10

20

30

40

50

イッチである。エレメントスイッチ 207 は、切り替え機能 401 により、上記接続を切り替える。

【0082】

プリアンプ終端 209 は、エレメントスイッチ 207 の終端に設けられる。プリアンプ終端 209 は、例えば、50 Ω の終端抵抗である。プリアンプ終端 209 は、自身の温度に起因する熱雑音および自身の抵抗値に応じた信号を発生する。

【0083】

受信回路 32 には、エレメントスイッチ 207 の切り替え状態に応じて、RF パルスおよび傾斜磁場を印加しない状態で、コイルエレメント 201 からの信号またはプリアンプ終端 209 からの信号が入力される。

10

【0084】

以下、本変形例における異常箇所検出機能において、上記実施形態における処理（ステップ Sa5 乃至 9）と相違する内容について説明する。

【0085】

（ステップ Sa5）

処理回路 40 は、切り替え機能 401 により、受信チャネル 325 各々を端子各々に接続するように切り替えスイッチ 3215 を制御するとともに、プリアンプ 203 への入力をプリアンプ終端 209 に切り替えるようにエレメントスイッチ 207 を制御する。この制御により、エレメントスイッチ 207 は、プリアンプ 203 への入力を、コイルエレメント 201 からプリアンプ終端 209 に切り替える。プリアンプ 203 への入力をコイルエレメント 201 からプリアンプ終端 209 に切り替えたとき、受信チャネル 325 には、プリアンプ終端 209 で生成された信号が入力される。

20

【0086】

（ステップ Sa6）

RF コイル装置 21 が接続されているポート 53 における複数の端子には、プリアンプ終端 209 において発生した第 6 ノイズが入力する。このとき、受信回路 32 は、第 6 ノイズに対応する第 6 ノイズ信号を処理回路 40 に出力する。処理回路 40 は、平均化した第 6 ノイズ信号（以下、第 6 ノイズレベルと呼ぶ）を、第 6 ノイズの発生に起因するプリアンプ終端 209 に関連するコイルエレメント 201 と対応付けて記憶する。

30

【0087】

以上の処理により、RF コイル装置 21 が接続されたポートに関する第 6 ノイズレベルと、RF コイル装置 21 が未接続のポートに関する第 3 ノイズレベルとが取得される。

【0088】

（ステップ Sa7）

処理回路 40 は、検出機能 403 により、第 6 ノイズレベルと第 3 ノイズレベルとを比較する。具体的には、処理回路 40 は、RF コイル装置 21 が接続されたポートと、RF コイル装置 21 が未接続のポートとにおいて、ポート間でのノイズレベルを比較する。より詳細には、処理回路 40 は、RF コイル装置 21 が接続されたポートにおける端子に接続された受信チャネルと、RF コイル装置 21 が未接続のポートにおける端子に接続された受信チャネルとにおいて、複数のポート間であってかつ複数の受信チャネル間でのノイズレベルを比較する。

40

【0089】

（ステップ Sa8）

処理回路 40 は、第 6 ノイズレベルと第 3 ノイズレベルとの間で、プリアンプ 203 のゲインに対応する差異の有無を判定する。RF コイル装置 21 が接続されたポートに関する第 6 ノイズレベルと、RF コイル装置 21 が未接続のポートに関する第 3 ノイズレベルとの間でプリアンプ 203 のゲインに対応する差異が無ければ（ステップ Sa8 の Yes）、すなわち第 6 ノイズレベルと第 3 ノイズレベルとが略同一なノイズレベルであれば、ステップ Sa9 の処理が実行される。第 6 ノイズレベルと第 3 ノイズレベルとの間でプリアンプ 203 のゲインに対応する差異があれば（ステップ Sa8 の No）、ステップ Sa

50

10の処理が実行される。

【0090】

(ステップSa9)

処理回路40は、第3ノイズレベルと略同一な第6ノイズレベルに関連するコイルエレメントを特定する。処理回路40は、特定されたコイルエレメントに関して、プリアンプ203を含むプリアンプ203から切り替えスイッチ3215までの経路を、異常であると判定する。

【0091】

以上に述べた構成によれば、本実施形態の効果に加えて以下に示す効果を得ることができる。

10

本変形例における磁気共鳴イメージング装置1によれば、異常箇所検出機能におけるステップSa5乃至ステップSa9の処理において、受信チャネル325への入力を終端抵抗3213から端子に切り替え、かつプリアンプ203への入力をコイルエレメント201から他の終端抵抗(プリアンプ終端209)に切り替えた後、ポートのうち、RFコイル装置21が接続されたポートに関する出力信号のレベル(第6ノイズレベル)と、RFコイル装置21が未接続のポートに関する前記出力信号のレベル(第3ノイズレベル)とを比較することにより、プリアンプ203を含むプリアンプ203から切り替えスイッチ3215までの経路の異常の有無を検出することができる。

【0092】

これにより、コイルエレメント201各々におけるインピーダンスのばらつきを無視できるため、第6ノイズレベルは第2ノイズレベルに比べてノイズレベルがより安定し、プリアンプ203から切り替えスイッチ3215までの異常の有無の検出がさらに容易となり、異常の有無の検出精度を向上させることができる。

20

【0093】

(第2の変形例)

本変形例と本実施形態との相違は、RFコイル装置20がポート53に未接続である場合において、ポート53からアンプ3211までの経路長が略同一となるように切り替えスイッチ3215を制御することにある。

【0094】

RFコイル装置20がポート53に未接続な状態において、処理回路40は、異常箇所検出機能を起動する。なお、異常箇所検出機能の起動は、RFコイル装置20がポート53に未接続である状態において、通信インターフェイス回路44を介した外部からの指示により、実行されてもよい。異常箇所検出機能が起動されると、処理回路40は、切り替え機能401により、ポート53からアンプ3211までの経路長が略同一となるように、切り替えスイッチ3215を制御する。切り替えスイッチ3215は、切り替え機能401により、ポート53からアンプ3211までの経路長が略同一となるように、受信チャネル325とポート53との接続を切り替える。

30

【0095】

以上に述べた構成によれば、本実施形態の効果に加えて以下に示す効果を得ることができる。

40

本変形例における磁気共鳴イメージング装置1によれば、RFコイル装置20がポート53に未接続な状態において、ポート53からアンプ3211までの経路長が略同一となるように、切り替えスイッチ3215を制御することができる。これにより、例えば、ポート53からアンプ3211までの経路が正常である場合、経路長が略同一なため、第3ノイズレベルはほぼ同等となる。このため、複数の第3ノイズレベルの比較において、複数の第3ノイズレベルにおける外れ値(異常値)に相当する第3ノイズレベルがあれば、ポート53からアンプ3211までの経路において断線等の異常があると判定でき、正常な経路におけるインピーダンスと異常な経路におけるインピーダンスとがズレていると判断することができる。

【0096】

50

以上述べた実施形態および少なくとも一つの変形例等の磁気共鳴イメージング装置1によれば、異常箇所を検出可能である。すなわち、本磁気共鳴イメージング装置1は、故障が発生した場合、RFコイル装置20からシステム側の間の何処に異常があるのかを切り分けることができ、磁気共鳴イメージング装置1の故障時のサービスを向上させることができる。

【0097】

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。

10

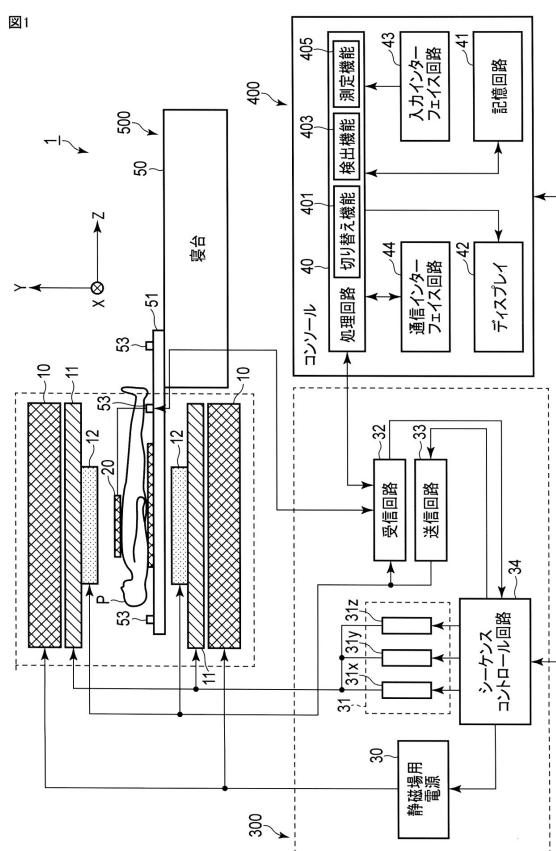
【符号の説明】

【0098】

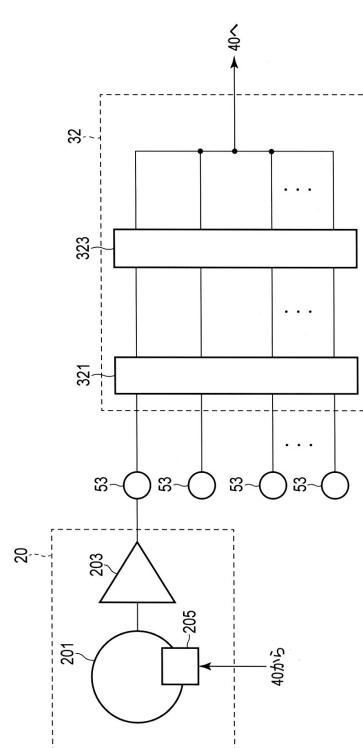
1...磁気共鳴イメージング装置、10...静磁場磁石、11...傾斜磁場コイル、12...WBコイル、20、21...RFコイル装置、30...静磁場用電源、31...傾斜磁場電源、32...受信回路、33...送信回路、34...シーケンスコントロール回路、40...処理回路、41...記憶回路、42...ディスプレイ、43...入力インターフェイス回路、44...通信インターフェイス回路、50...寝台本体、51...天板、53...ポート、100...架台、201...コイルエレメント、203...プリアンプ、205...デカップリングスイッチ、207...エレメントスイッチ、209...プリアンプ終端、300...制御キャビネット、321...チャネル分配器、323...アナログデジタル変換器、325...受信チャネル、400...コンソール、401...切り替え機能、403...検出機能、405...測定機能、500...寝台、3211...アンプ、3213...終端抵抗、3215...切り替えスイッチ、3231...A/D変換回路。

20

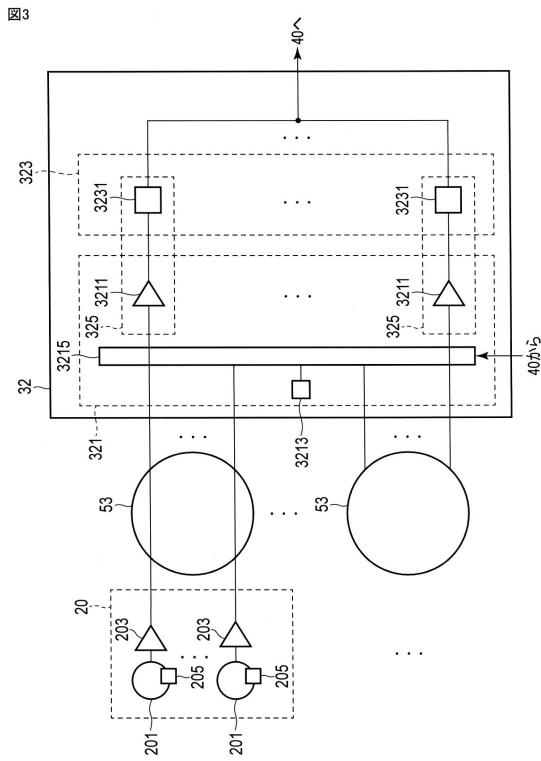
【図1】



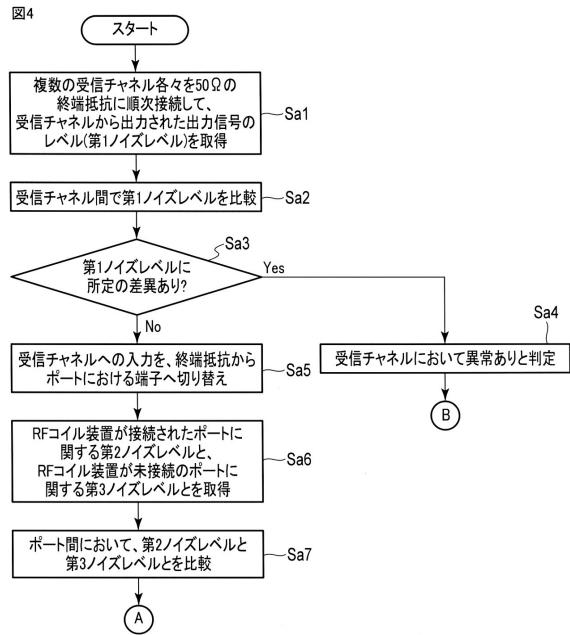
【図2】



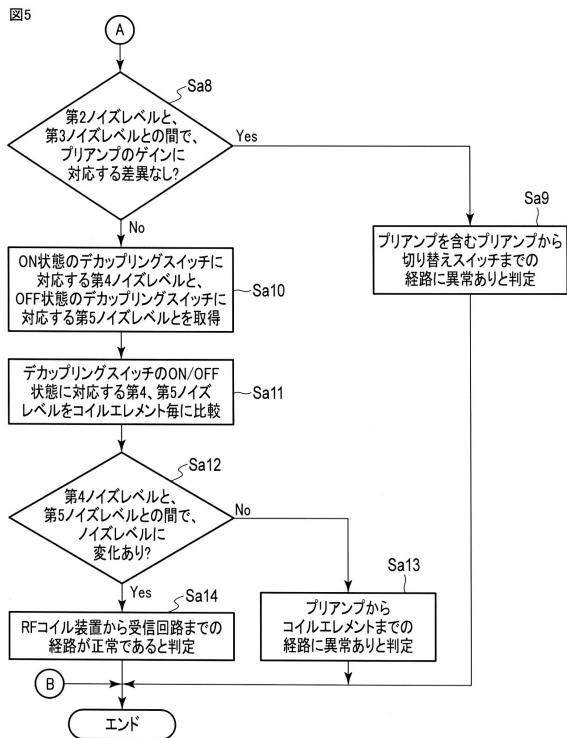
【 図 3 】



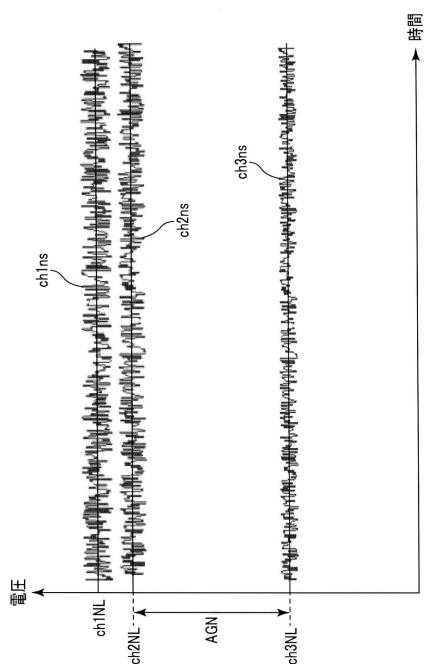
【 図 4 】



【 四 5 】

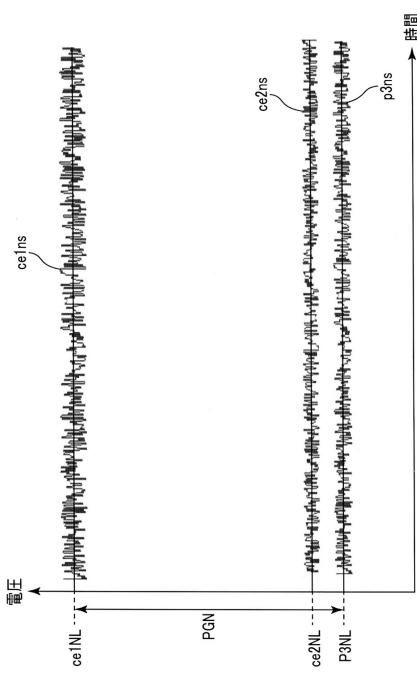


【 四 6 】



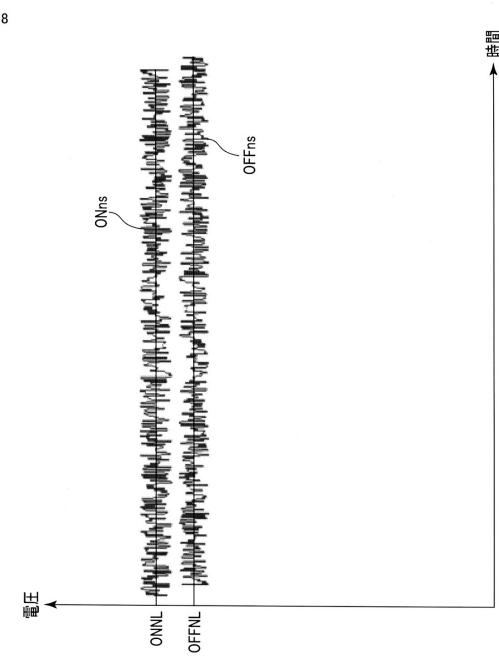
【図7】

図7



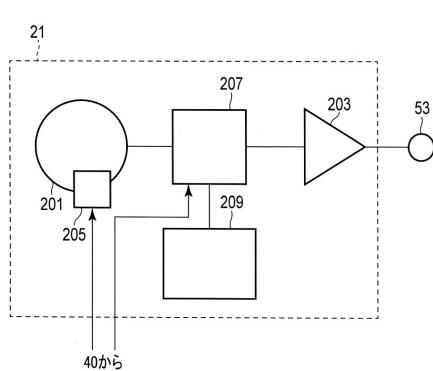
【図8】

図8



【図9】

図9



フロントページの続き

(72)発明者 光井 信二

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

(72)発明者 田平 圭司

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 後藤 順也

(56)参考文献 特開2014-207943(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A 61 B 5 / 055

G 01 R 33 / 20 - 33 / 64