

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6605268号
(P6605268)

(45) 発行日 令和1年11月13日(2019.11.13)

(24) 登録日 令和1年10月25日(2019.10.25)

(51) Int.Cl.

A 6 1 B 5/055 (2006.01)

F 1

A 6 1 B 5/055 3 5 5

請求項の数 10 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2015-184306 (P2015-184306)
 (22) 出願日 平成27年9月17日 (2015.9.17)
 (65) 公開番号 特開2017-56044 (P2017-56044A)
 (43) 公開日 平成29年3月23日 (2017.3.23)
 審査請求日 平成30年9月11日 (2018.9.11)

(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無線RFコイル装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

無線RFコイルユニットを具備する磁気共鳴イメージング装置であって、
 前記無線RFコイルユニットは、

前記無線RFコイルユニットとは異なる機器の第1のクロックに同期した第1の周波数
 を有する第1のアナログ信号と前記第1の周波数とは異なる第2の周波数を有する第2の
 アナログ信号とを受信する少なくとも一つの受信手段と、

前記無線RFコイルユニットの第2のクロックに従い、前記第1のアナログ信号を第1
 のデジタル信号に変換し、前記第2のアナログ信号を第2のデジタル信号に変換する
 変換手段と、

前記第1のデジタル信号と前記第2のデジタル信号との乗算信号を発生する乗算手
 段と、

前記乗算信号のうち所定の周波数成分を通過させて中間周波数信号を出力するフィルタ
 手段と、を有する、

磁気共鳴イメージング装置。

【請求項2】

前記フィルタ手段は、前記乗算信号のうち前記所定の周波数成分を通過させることによ
 り、前記第1のデジタル信号と前記第2のデジタル信号とに含まれる、前記第1のクロ
 ックと前記第2のクロックとの非同期に起因する周波数ずれ成分と位相ずれ成分とが減
 少された前記中間周波数信号を出力する、請求項1記載の磁気共鳴イメージング装置。

【請求項 3】

前記フィルタ手段は、前記第1の周波数と前記第2の周波数との差の周波数を有する前記中間周波数信号を出力する、請求項1記載の磁気共鳴イメージング装置。

【請求項 4】

前記第1の周波数は磁気共鳴信号の周波数であり、前記第2の周波数は磁気共鳴信号の周波数とは異なる周波数である、請求項1記載の磁気共鳴イメージング装置。

【請求項 5】

前記第1のアナログ信号は磁気共鳴信号であり、

前記第2のアナログ信号は前記無線RFコイルユニットに無線を介して接続された前記機器において使用される前記第1のクロックである、

請求項1記載の磁気共鳴イメージング装置。

10

【請求項 6】

前記受信手段は、前記第1のアナログ信号を受信する第1の受信手段と、前記第2のアナログ信号を受信する第2の受信手段とを含む、

請求項1記載の磁気共鳴イメージング装置。

【請求項 7】

前記第2のアナログ信号を、前記受信手段により受信するために、所定のタイミングにおいて送信する送信手段を更に備える、請求項1記載の磁気共鳴イメージング装置。

【請求項 8】

前記機器を更に備え、

20

前記機器は、前記第1のクロックに従い前記中間周波数信号を処理する、

請求項1記載の磁気共鳴イメージング装置。

【請求項 9】

前記機器と送信手段とを更に備え、

前記機器は、前記第1のクロックに同期した前記第1の周波数を有する送信駆動信号を発生し、

前記送信手段は、前記送信駆動信号に応答してRFパルスを送信し、

前記受信手段は、前記RFパルスにより励起した被検体内の原子核から発生された前記第1のアナログ信号を受信する、

請求項1記載の磁気共鳴イメージング装置。

30

【請求項 10】

外部の第1のクロックに同期した第1の周波数を有する第1のアナログ信号と前記第1の周波数とは異なる第2の周波数を有する第2のアナログ信号とを受信する少なくとも一つの受信手段と、

内部の第2のクロックに従い、前記第1のアナログ信号を第1のデジタル信号に変換し、前記第2のアナログ信号を第2のデジタル信号に変換する変換手段と、

前記第1のデジタル信号と前記第2のデジタル信号との乗算信号を発生する乗算手段と、

前記乗算信号のうち所定の周波数成分を通過させて中間周波数信号を出力するフィルタ手段と、

40

を具備する、無線RFコイル装置。

【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無線RFコイル装置に関する。

【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

50

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）信号で磁気的に励起し、当該励起に伴って発生する磁気共鳴（MR：Magnetic Resonance）信号から、画像（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】

磁気共鳴イメージングを実施するにあたり、被検体から発生したMR信号を受信するために、局所的なRFコイルユニットが使用される場合がある。

【0004】

磁気共鳴イメージング装置において、近年、MR信号の収集系統の多チャネル化が進んでいる。換言すると、RFコイルユニットにおけるコイル素子から磁気共鳴イメージング装置本体のRFトランシーバまでの、MR信号の多チャネル化が進んでいる。その結果、両者間の接続ケーブルの本数が多チャネル化により増大し、配線が煩雑となる不便を生じている。そこで、RFコイルユニット - 磁気共鳴イメージング装置本体ユニット（RFトランシーバ）間ににおける通信を無線化することで、かかる不便を解消することが期待されている。

10

【0005】

無線RFコイルユニットを実現するにあたり、無線RFコイルユニットのクロックは、本体ユニットのクロックに対して非同期性を有する場合がある。無線RFコイルユニットのクロックでアナログ - ディジタル変換される信号の非同期性を低減するために、それぞれのクロックにおいて厳密な同期をとることも考えられるが、容易ではない。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2014-140469号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

目的は、非同期クロックでアナログ - ディジタル変換される信号の非同期性を低減することが可能な磁気共鳴イメージング装置と無線RFコイル装置とを提供することにある。

30

【課題を解決するための手段】

【0008】

実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置は、無線RFコイルユニットを具備する。前記無線RFコイルユニットは、前記無線RFコイルユニットとは異なる機器の第1のクロックに同期した第1の周波数を有する第1のアナログ信号と前記第1の周波数とは異なる第2の周波数を有する第2のアナログ信号とを受信する少なくとも一つの受信手段と、前記無線RFコイルユニットの第2のクロックに従い、前記第1のアナログ信号を第1のデジタル信号に変換し、前記第2のアナログ信号を第2のデジタル信号に変換する変換手段と、前記第1のデジタル信号と前記第2のデジタル信号との乗算信号を発生する乗算手段と、前記乗算信号のうち所定の周波数成分を通過させて中間周波数信号を出力するフィルタ手段と、を有する。

40

【図面の簡単な説明】

【0009】

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

【図2】図2は、第1の実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置におけるRFトランシーバと無線RFコイルユニットとの構成を示すブロック図である。

【図3】図3は、第1の実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置の動作例を示すフローチャートである。

【図4】図4は、第2の実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置におけるRFトランシーバと無線RFコイルユニットとの構成を示すブロック図である。

50

【図5】図5は、第2の実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置の動作例を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、図面を参照しながら実施形態を説明する。

【0011】

(第1の実施形態)

図1は、第1の実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置1aの一例を示すブロック図である。

【0012】

第1の実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置1aは、処理回路20と、記憶回路21と、シーケンスコントローラ30と、RFトランシーバ31と、傾斜磁場電源ユニット4と、架台5と、寝台60と、入力インターフェース回路70と、表示回路71とを有する。

10

【0013】

処理回路20は、第1の実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置1aに関連する全体動作の処理・制御を行う。処理回路20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20は、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。

20

【0014】

なお、図1においては一の処理回路20としているが、実際は一の処理回路20として実施されてもよいし、機能ごとに複数の処理回路20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。

【0015】

記憶回路21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(撮像条件)、被検体Sに関する検査情報(例えば、検査日時、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(無線RFコイルユニット8a)、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)、磁気共鳴イメージング画像、及び各種機能(データ収集機能、画像再構成機能等)を処理回路20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。

30

【0016】

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(引数、配列等)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。

40

【0017】

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。

【0018】

RFトランシーバ31は、不図示の增幅回路を介して、架台5におけるRF送信コイル52からRFパルスを発生させるための電気信号を、RF送信コイル52に供給する。また、RFトランシーバ31は、架台5における無線RFコイルユニット8aが受信したMR信号を、無線通信を介して、無線RFコイルユニット8aより受信する。

更に、RFトランシーバ31は、MR信号をダウンコンバート(Down Convert

50

r_t)する際に用いられるローカル信号を、所定のタイミングにおいて、無線RFコイルユニット8aに無線通信を介して送信する。かかる内容については、後に図2等を用いて詳述する。

【0019】

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、電流を架台5における傾斜磁場コイル51に供給する。

【0020】

架台5は、静磁場磁石50と、傾斜磁場コイル51と、RF送信コイル52とを有する。

【0021】

静磁場磁石50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。発生された磁場において、特に均一度の良い空間領域が撮像に利用される。第1の実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置1aにおいて、静磁場磁石50は超伝導磁石であるとする。しかしながら超電導磁石に限らず、永久磁石や常伝導磁石を用いて実施することもできる。

10

【0022】

傾斜磁場コイル51は、静磁場磁石50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電力(電気信号)の入力に応答して、所望の傾斜磁場を形成する。当該傾斜磁場により、被検体S内の原子核は、各原子核の位置毎に、異なるラーモア周波数を有することになる。すなわち、当該ラーモア周波数の違いにより、MR信号から、断面の位置情報を区別することが可能となる。

20

【0023】

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51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。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。

【0024】

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Gs、位相エンコード用傾斜磁場Ge、及びリードアウト用傾斜磁場Grを形成する。スライス選択用傾斜磁場Gs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Ge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Gr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。

30

【0025】

RF送信コイル52は、RFトランシーバ31から供給された電気信号に応答して、RFパルスを被検体Sに送信する。RFパルスは、固有のラーモア周波数に対応する被検体Sの原子核を励起させる。

【0026】

寝台60は、被検体Sを載置するための天板61を有する。天板61は、例えば不図示の電磁モータにより駆動され、寝台の長手方向に水平移動する。なお、図1においては、撮像室に固定された寝台60を用いて、第1の実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置1aが実施されている。しかしながら当該例に拘泥されず、例えば、架台5と着脱且つ移動可能な寝台60(ドッカブル寝台)を用いて、第1の実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置1aが実施されてもよい。かかる場合、例えば寝台60は不図示のキャスターを有する。当該キャスターを用いることで、医師等の操作者は、寝台60を移動させることができる。また、当該キャスター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60の移動又は移動の補助(パワーアシスト)を可能に、第1の実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置1aが実施されてもよい。

40

【0027】

入力インターフェース回路70は、例えば、スイッチボタン、マウス、キーボード等の

50

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 20 に転送される。処理回路 20 は当該命令に応じて、所定の制御や演算を実行する。

【0028】

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応答して、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 (MRI 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が適宜利用されてもよい。10

【0029】

なお、第 1 の実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置 1a 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。20

【0030】

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。

【0031】

無線 RF コイルユニット 8a は、例えば天板 61 に載置された被検体 S の所望の位置に装着される。或いは、天板 61 に載置された被検体 S の近傍に設置される。無線 RF コイルユニット 8a は、被検体 S が有する原子核が励起状態から元に戻る際に発生する MR 信号を受信し、当該 MR 信号を、無線通信を介して RF トランシーバ 31 に送信する。無線 RF コイルユニット 8a の詳細については、図 2 を用いて後述する。30

【0032】

その後、処理回路 20 は、RF トランシーバ 31 による MR 信号の受信を契機として、記憶回路 21 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、MR 信号を記憶回路 21 に記憶させる (データ収集機能)。更に処理回路 20 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 21 に記憶されている MR 信号に対してフーリエ逆変換の演算を行い、当該 MR 信号から磁気共鳴イメージング画像を生成する (画像再構成機能)。

【0033】

なお、処理回路 20 による上述の実行に代えて、データ収集機能を実行するデータ収集回路、及び / 又は画像再構成機能を実行する画像再構成回路を有するように実施されてもよい。また、データ収集機能と画像再構成機能とを実行する専用の回路を有するように実施されてもよい。40

【0034】

図 2 は、第 1 の実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置 1a における RF トランシーバ 31 及び無線 RF コイルユニット 8a の構成を示すブロック図である。

【0035】

無線 RF コイルユニット 8a は、第 1 の受信コイル 801a (第 1 の受信手段) と、第 1 のマッチング回路 802a と、第 1 のブリアンプ 803a と、第 1 のバンドパスフィルタ 804 (Band - Pass Filter) と、第 1 のアナログ - デジタルコンバータ 805 (Analog - Digital Converter / ADC) と、第 2 の

受信コイル 811（第2の受信手段）と、第2のマッチング回路 812 と、第2のプリアンプ 813 と、第2のバンドパスフィルタ 814 と、第2のアナログ - ディジタルコンバータ 815 と、ミキサ 820（Mixer）と、ローパスフィルタ 821（Low-Pass Filter）と、トランスマッタ 822（Transmitter）を有する。

【0036】

第1の受信コイル 801a は、被検体 S において発生した MR 信号を受信する。ここで、当該 MR 信号は、システムクロック（図2においては、SYSTEM CLK と表記）換算で周波数 f_M （第1の周波数）を有するものとする。なお、クロックとは、周期的に電圧が高い状態と低い状態とをとる二値信号であり、例えば、複数のディジタル回路の同期を取るために使用される。システムクロック（第1のクロック）は、RFトランシーバ 31 と、RFトランシーバ 31 に有線接続される第1の実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置 1a の各構成部とにおけるディジタル演算に際して、使用されるクロックである。システムクロックは、不図示のクロック発生回路（第1のクロック発生手段）より送信される。

【0037】

第1のマッチング回路 802a は、出力インピーダンスと入力インピーダンスとの整合をとる回路である。

【0038】

第1のプリアンプ 803a は、被検体 S の体内情報を有する MR 信号を増幅する。

【0039】

第1のバンドパスフィルタ 804 は、被検体 S の体内情報を有する MR 信号のうち、必要な周波数成分のみを通過させ、かかる成分以外の周波数成分を減衰させる。

【0040】

第1のアナログ - ディジタルコンバータ 805 は、システムクロックとは非同期のローカルクロック（図2においては、LOCAL CLK と表記）を用いて、被検体 S の体内情報を有する MR 信号をデジタル信号に変換する。ローカルクロック（第2のクロック）は、無線 RF コイルユニット 8a におけるディジタル演算に際して、使用されるクロックである。ローカルクロックは、不図示のクロック発生回路（第2のクロック発生手段）より送信される。

【0041】

換言すると、連続信号である MR 信号が、所定のサンプリング周波数にてデジタル化された離散信号に変換される。デジタル化された MR 信号 A_{DM} は、

$$A_{DM} = \cos \{ 2 (f_M + f) t + (\phi_M + \phi) \}$$

であるとする。ただし、t は時刻、 ϕ_M は MR 信号の初期位相である。ここで、第1のアナログ - ディジタルコンバータ 805 は、システムクロックとは非同期のローカルクロックを用いているため、システムクロック換算で周波数 f_M に対応するデジタル化された MR 信号 A_{DM} は、周波数ずれ成分 f と位相ずれ成分 ϕ を有することとなる。

【0042】

第2の受信コイル 811 は、RFトランシーバ 31 におけるトランスマッタ 310 より送信されるローカル信号を受信する。当該ローカル信号は、システムクロック換算で周波数 f_L （第2の周波数）を有するものとする。

【0043】

第2のマッチング回路 812 は、出力インピーダンスと入力インピーダンスとの整合をとる回路である。

【0044】

第2のプリアンプ 813 は、ローカル信号を増幅する。

【0045】

第2のバンドパスフィルタ 814 は、ローカル信号のうち、必要な周波数成分のみを通過させ、かかる成分以外の周波数成分を減衰させる。

【0046】

10

20

30

40

50

第2のアナログ-ディジタルコンバータ815は、ローカルクロックを用いて、ローカル信号をディジタル信号に変換する。すなわち、連続信号であるローカル信号を、所定のサンプリング周波数にてディジタル化された離散信号に変換する。ディジタル化されたローカル信号 $A D_L$ は、

$$A D_L = \cos \{ 2 \pi (f_L + f) t + (\phi_L + \phi) \}$$

であるとする。ただし、 t は時刻、 ϕ_L はローカル信号の初期位相である。また、第2のアナログ-ディジタルコンバータ815は、システムクロックとは非同期のローカルクロックを用いているため、システムクロック換算で周波数 f_L に対応するディジタル化されたローカル信号 $A D_L$ は、周波数ずれ成分 f と位相ずれ成分 ϕ とを有する。

【0047】

10

ミキサ820は、二の入力に対して乗算演算を実行し、演算結果を出力する。すなわち、ミキサ820が、ディジタル化されたMR信号とディジタル化されたローカル信号とを乗算することにより、

$$\begin{aligned} A D_M \times A D_L &= \cos \{ 2 \pi (f_M + f) t + (\phi_M + \phi) \} \times \cos \{ 2 \pi (f_L + f) t + (\phi_L + \phi) \} \\ &= (1/2) [\cos \{ 2 \pi (f_M + f + f_L + f) t + (\phi_M + \phi + \phi_L + \phi) \} + \cos \{ 2 \pi (f_M + f - f_L - f) t + (\phi_M + \phi - \phi_L - \phi) \}] \\ &= (1/2) [\cos \{ 2 \pi (f_M + f_L + 2f) t + (\phi_M - \phi_L) \} + \cos \{ 2 \pi (f_M - f_L) t + (\phi_M - \phi_L) \}] \end{aligned}$$

が得られる。

【0048】

20

ローパスフィルタ821は、上式における第1項の成分(高周波成分:周波数 $(f_M + f_L)$)を減衰させるディジタルフィルタである。換言すると、ローパスフィルタ821は、上式における第2項の成分(低周波成分:周波数 $|f_M - f_L|$)のみを通過することにより、中間周波数(Intermediate Frequency)信号IFを出力する。すなわち、

$$I F = (1/2) \cos \{ 2 \pi (f_M - f_L) t + (\phi_M - \phi_L) \}$$

が得られる。なお、ローパスフィルタ821は、有限インパルス応答フィルタ(Finite Impulse Response Filter)、無限インパルス応答フィルタ(Infinate Impulse Response Filter)等、任意のディジタルフィルタを用いてよい。

30

【0049】

上式に示されるように、MR信号 $A D_M$ とローカル信号 $A D_L$ とに含まれていた周波数ずれ成分 f と位相ずれ成分 ϕ とは、かかる演算によって相殺される。すなわち、中間周波数信号IFは、周波数ずれ成分も位相ずれ成分も実質的に有さない。

【0050】

トランスマッタ822は、中間周波数信号IFを、無線通信可能な周波数に変換して送信する。かかる無線通信に際しては、取得されるデータ容量に見合うだけの伝送容量を有する所定の通信手段を用いて、実施されることが好適である。また、中間周波数信号IFは、無線送信する前に、ベースバンド信号にダウンコンバートしておいてよい。

【0051】

40

RFトランシーバ31は、トランスマッタ310(送信手段)と、レシーバ311と、を有する。

【0052】

トランスマッタ310は、ローカル信号に用いられるRFパルスを送信する。なお、トランスマッタ310に代えて、RF送信コイル52からローカル信号に用いられるRFパルスを送信するように実施されてもよい。

【0053】

レシーバ311は、無線RFコイルユニット8aにおけるトランスマッタ822より送信された信号を受信する。受信された信号は、k空間データとして収集され、収集されたk空間データに基づいて、被検体Sの体内を画像化した磁気共鳴イメージング画像が生成

50

される。

【0054】

なお、図2においては一の無線RFコイルユニット8a及び一のRFトランシーバ31を用いて実施されているが、複数の無線RFコイルユニット8a及び複数のRFトランシーバ31を用いて実施されてもよい。更には、複数の無線RFコイルユニット8a及び一のRFトランシーバ31を用いて実施されてもよい。

【0055】

[動作例]

図3は、第1の実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置1aにおける無線RFコイルユニット8aの動作例を示すフローチャートである。以下、図3における各ステップに沿って、第1の実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置1aにおける無線RFコイルユニット8aの動作を説明する。

【0056】

ステップS1-1～S1-3はMR信号に係る処理の流れである。

【0057】

(ステップS1-1)

被検体SにRFパルスが送信されることにより、固有のラーモア周波数に対応する被検体Sの原子核が励起される。また、被検体Sが有する原子核が励起状態から元に戻る際に、MR信号が発生する。第1の受信コイル801aは、当該MR信号を受信する。当該MR信号は、システムクロック換算で64MHzを有するものとする。しかしながらあくまでも例示に過ぎず、この限りではない。

【0058】

(ステップS1-2)

第1のマッチング回路802a、第1のプリアンプ803a、第1のバンドパスフィルタ804は、被検体Sの体内情報を有するMR信号を調整する。具体的には、第1のマッチング回路802aは、出力インピーダンスと入力インピーダンスとの整合をとる。第1のプリアンプ803aは、MR信号を增幅する。第1のバンドパスフィルタ804は、MR信号のうち、必要な周波数成分のみを通過させ、かかる成分以外の周波数成分を減衰させる。

【0059】

(ステップS1-3)

第1のアナログ-デジタルコンバータ805は、ローカルクロックを用いて、MR信号をアナログ信号からデジタル信号に変換し、デジタル化されたMR信号を出力する。ここで、第1のアナログ-デジタルコンバータ805は、ローカルクロックを用いてサンプリングを実行する。サンプリングが実行された時点で第1のアナログ-デジタルコンバータ805が出力するデジタル化されたMR信号は、周波数ずれを有する。例えば、

デジタル化されたMR信号の周波数は、第1の受信コイル801aが受信したMR信号の周波数から0.00001MHzずれて、64.00001MHzであるとする。

【0060】

ステップS1-4～1-6はローカル信号に係る処理の流れである。

【0061】

(ステップS1-4)

第2の受信コイル811は、RFトランシーバ31におけるトランスマッタ310より送信されるローカル信号を受信する。当該ローカル信号は、システムクロック換算で62MHzを有するものとする。しかしながらあくまでも例示に過ぎず、この限りではない。なお、被検体Sにおいて発生したMR信号と、当該ローカル信号とが略同時に受信されるように、RFトランシーバ31より送信されローカル信号の送信タイミングを、一シーケンスとして予め決定しておくことが好適である。

【0062】

10

20

30

40

50

(ステップ S 1 - 5)

第2のマッチング回路 8 1 2、第2のプリアンプ 8 1 3、及び第2のバンドパスフィルタ 8 1 4は、ダウンコンバートに用いられるローカル信号を調整する。具体的には、第2のマッチング回路 8 1 2は、出力インピーダンスと入力インピーダンスとの整合をとる。第2のプリアンプ 8 1 3は、ローカル信号を増幅する。第2のバンドパスフィルタ 8 1 4は、ローカル信号のうち、必要な周波数成分のみを通過させ、かかる成分以外の周波数成分を減衰させる。

【 0 0 6 3 】

(ステップ S 1 - 6)

第2のアナログ - ディジタルコンバータ 8 1 5は、ローカルクロックを用いて、ローカル信号をアナログ信号からデジタル信号に変換し、デジタル化されたローカル信号を出力する。ここで、第2のアナログ - ディジタルコンバータ 8 1 5は、ローカルクロックを用いてサンプリングを実行する。サンプリングが実行された時点で第2のアナログ - ディジタルコンバータ 8 1 5が出力するデジタル化されたローカル信号は、周波数ずれを有する。例えば、デジタル化されたローカル信号の周波数は、第2の受信コイル 8 1 1が受信したMR信号の周波数から0.00001MHzずれて、62.00001MHzであるとする。

【 0 0 6 4 】

(ステップ S 1 - 7)

ミキサ 8 2 0は、デジタル化されたMR信号とデジタル化されたローカル信号とを乗算し、乗算信号を出力する。

【 0 0 6 5 】

(ステップ S 1 - 8)

ローパスフィルタ 8 2 1は、乗算信号から当該乗算信号の低周波成分のみを通過することにより、中間周波数信号を出力する。当該中間周波数信号の周波数は、ローカルクロック換算で2MHzであり、周波数ずれや位相ずれを有しない。

【 0 0 6 6 】

(ステップ S 1 - 9)

トランスマッタ 8 2 2は、中間周波数信号を無線送信可能な周波数に変換して送信する。レシーバ 3 1 1はトランスマッタ 8 2 2で送信された無線信号を受信する。

【 0 0 6 7 】

(変形例)

第1の実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置 1 aにおいて、無線RFコイルユニット 8 aは、ミキサ 8 2 0とローパスフィルタ 8 2 1とを有する。かかる構成要素により、中間周波数信号が出力される。また、当該中間周波数信号は、不図示ではあるが、RFトランシーバ 3 1へ送信（無線送信）された後、再びダウンコンバートされ、ベースバンド信号が出力される。しかしながら当該例に拘泥されず、変形例として、無線送信後ににおけるダウンコンバートを行わずに、ミキサ 8 2 0と変形例に係るローパスフィルタ等とを用いて、直接ベースバンド信号を出力するように実施されてもよい。

【 0 0 6 8 】

(効果)

第1の実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置 1 aによれば、以下の効果が奏される。

【 0 0 6 9 】

第1の実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置 1 aは、無線RFコイルユニット 8 aを具備する。無線RFコイルユニット 8 aは、システムクロック換算で周波数 f_M と f_M とは異なる周波数 f_L とを有するアナログ信号を受信する少なくとも一つの受信手段（第1の受信コイル 8 0 1 a及び第2の受信コイル 8 1 1）と、ローカルクロックに基づいて、当該アナログ信号を、周波数 f_M に対応する第1のデジタル信号（MR信号 A D _M）と、周波数 f_L に対応する第2のデジタル信号（ローカル信号 A D _L）と、に変換する

10

20

30

40

50

変換手段（第1のアナログ - ディジタルコンバータ805及び第2のアナログ - ディジタルコンバータ815）と、ディジタル化されたMR信号AD_Mとディジタル化されたローカル信号AD_Lとを乗算することにより、周波数f_Mと周波数f_Lとの差分である周波数|f_M - f_L|を有する第3のディジタル信号（中間周波数信号IF）を生成する乗算手段（ミキサ820）と、を有する。

【0070】

かかる構成により、中間周波数信号は、システムクロックとローカルクロックとが非同期であること（非同期性）に起因する周波数ずれ成分fと位相ずれ成分とを、実質的に有さない。すなわち、かかる構成により、システムクロックに対して非同期であるローカルクロックでアナログ - ディジタル変換される信号の非同期性を低減することができる。10

【0071】

（第2の実施形態）

図4は、第2の実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置1bにおけるRFトランシーバ31と無線RFコイルユニット8bとの構成を示すブロック図である。以下の説明において、第1の実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置1aと略同一の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のみ行う。

【0072】

第2の実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置1bは、RFトランシーバ31及び無線RFコイルユニット8bを有する。20

【0073】

無線RFコイルユニット8bは、受信コイル801bと、マッチング回路802bと、プリアンプ803bと、第1のバンドパスフィルタ804と、第1のアナログ - ディジタルコンバータ805と、第2のバンドパスフィルタ814と、第2のアナログ - ディジタルコンバータ815と、ミキサ820と、ローパスフィルタ821と、トランスマッタ822を有する。

【0074】

受信コイル801bは、被検体Sにおいて発生したMR信号と、RFトランシーバ31におけるトランスマッタ310より送信されローカル信号に用いられるRFパルスとを受信する。ここで、当該MR信号は、システムクロック（図4においては、SYSTEM CLKと表記）換算で周波数f_M（第1の周波数）を有するものとする。また、当該ローカル信号は、システムクロック換算で周波数f_L（第2の周波数）を有するものとする。30

【0075】

マッチング回路802bは、出力インピーダンスと入力インピーダンスとの整合をとる回路である。

【0076】

プリアンプ803bは、被検体Sの体内情報を有するMR信号とダウンコンバートに用いられるローカル信号とが混在する受信信号を増幅する。増幅された受信信号は、第1のバンドパスフィルタ804と、第2のバンドパスフィルタ814とに分配される。第1のバンドパスフィルタ804は、MR信号に対応する周波数成分のみを通過させる特性を有し、第2のバンドパスフィルタ814は、ローカル信号に対応する周波数成分のみを通過させる特性を有する。したがって、第1のバンドパスフィルタ804が出力する信号は、受信コイル801bが受信した受信信号のうち、MR信号に対応する信号である。また、第2のバンドパスフィルタ814が出力する信号は、受信コイル801bが受信した受信信号のうち、ローカル信号に対応する信号である。40

【0077】

[動作例]

図5は、第2の実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置1bにおける無線RFコイルユニット8bの動作例を示すフローチャートである。以下、図5における各ステップに沿って、第2の実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置1bにおける無線RFコイルユニ50

ット 8 b の動作を説明する。

【0078】

(ステップ S 2 - 1)

被検体 S に R F パルスが送信されることにより、固有のラーモア周波数に対応する被検体 S の原子核が励起される。また、被検体 S が有する原子核が励起状態から元に戻る際に、M R 信号が発生する。受信コイル 8 0 1 b は、当該 M R 信号を受信する。当該 M R 信号は、システムクロック換算で 6 4 M H z を有するものとする。しかしながらあくまでも例示に過ぎず、この限りではない。

また、受信コイル 8 0 1 b は、R F トランシーバ 3 1 におけるトランスミッタ 3 1 0 より送信されるローカル信号を受信する。当該ローカル信号は、システムクロック換算で 6 2 M H z を有するものとする。しかしながらあくまでも例示に過ぎず、この限りではない。なお、被検体 S において発生した M R 信号と、当該ローカル信号とが略同時に受信されるように、R F トランシーバ 3 1 より送信されローカル信号の送信タイミングを、一シーケンスとして予め決定しておくことが好適である。
10

【0079】

(ステップ S 2 - 2)

マッチング回路 8 0 2 b 、プリアンプ 8 0 3 b 、及び第 1 のバンドパスフィルタ 8 0 4 は、被検体 S の体内情報を有する M R 信号及びダウンコンバートに用いられるローカル信号を調整する。具体的には、マッチング回路 8 0 2 b は、出力インピーダンスと入力インピーダンスとの整合をとる。プリアンプ 8 0 3 b は、M R 信号及びローカル信号を増幅する。第 1 のバンドパスフィルタ 8 0 4 は、M R 信号のうち、必要な周波数成分のみを通過させ、かかる成分以外の周波数成分を減衰させる。第 2 のバンドパスフィルタ 8 1 4 は、ローカル信号のうち、必要な周波数成分のみを通過させ、かかる成分以外の周波数成分を減衰させる。
20

【0080】

(ステップ S 2 - 3)

第 1 のアナログ - ディジタルコンバータ 8 0 5 は、ローカルクロックを用いて、M R 信号をアナログ信号からデジタル信号に変換し、デジタル化された M R 信号を出力する。ここで、第 1 のアナログ - ディジタルコンバータ 8 0 5 は、ローカルクロックを用いてサンプリングを実行する。サンプリングが実行された時点で第 1 のアナログ - ディジタルコンバータ 8 0 5 が出力するデジタル化された M R 信号は、周波数ずれを有する。例えば、デジタル化された M R 信号の周波数は、受信コイル 8 0 1 b が受信した M R 信号の周波数から 0 . 0 0 0 0 1 M H z ずれて、6 4 . 0 0 0 0 1 M H z であるとする。
30

また、第 2 のアナログ - ディジタルコンバータ 8 1 5 は、ローカルクロックを用いて、ローカル信号をアナログ信号からデジタル信号に変換し、デジタル化されたローカル信号を出力する。ここで、第 2 のアナログ - ディジタルコンバータ 8 1 5 は、ローカルクロックを用いてサンプリングを実行する。サンプリングが実行された時点で第 1 のアナログ - ディジタルコンバータ 8 0 5 が出力するデジタル化されたローカル信号は、周波数ずれを有する。例えば、デジタル化されたローカル信号の周波数は、受信コイル 8 0 1 b が受信したローカル信号の周波数から 0 . 0 0 0 0 1 M H z ずれて、6 2 . 0 0 0 0 1 M H z であるとする。
40

【0081】

(ステップ S 2 - 4)

ミキサ 8 2 0 は、デジタル化された M R 信号とデジタル化されたローカル信号とを、乗算し、乗算信号を出力する。

【0082】

(ステップ S 2 - 5)

ローパスフィルタ 8 2 1 は、乗算信号から当該乗算信号の低周波成分のみを通過することにより、中間周波数信号を出力する。当該中間周波数信号は、ローカルクロック換算で 2 M H z であり、周波数ずれや位相ずれを有しない。
50

【0083】

(ステップS2-6)

トランスマッタ822は、中間周波数信号を無線送信可能な周波数に変換して送信する。レシーバ311はトランスマッタ822で送信された無線信号を受信する。

【0084】

(変形例)

第2に実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置1bにおいて、無線RFコイルユニット8bは、ミキサ820とローパスフィルタ821とを有する。かかる構成要素により、中間周波数信号が出力される。また、当該中間周波数信号は、不図示ではあるが、RFトランシーバ31へ送信(無線送信)された後、再びダウンコンバートされ、ベースバンド信号が出力される。10

【0085】

しかしながら当該例に拘泥されず、変形例として、無線送信後におけるダウンコンバートを行わずに、ミキサ820と変形例に係るローパスフィルタ等とを用いて、直接ベースバンド信号を出力するように実施されてもよい。

【0086】

(効果)

第2の実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置1bによれば、以下の効果が奏される。20

【0087】

第2の実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置1bは、無線RFコイルユニット8bを具備する。無線RFコイルユニット8bは、システムクロック換算で周波数 f_M と f_M とは異なる周波数 f_L とを有するアナログ信号を受信する少なくとも一つの受信手段(受信コイル801b)と、ローカルクロックに基づいて、当該アナログ信号を、周波数 f_M に対応する第1のデジタル信号(MR信号AD_M)と、周波数 f_L に対応する第2のデジタル信号(ローカル信号AD_L)と、に変換する変換手段(第1のアナログ-デジタルコンバータ805及び第2のアナログ-デジタルコンバータ815)と、デジタル化されたMR信号AD_Mとデジタル化されたローカル信号AD_Lとを乗算することにより、周波数 f_M と周波数 f_L との差分である周波数| $f_M - f_L$ |を有する第3のデジタル信号(中間周波数信号IF)を生成する乗算手段(ミキサ820)と、を有する。30

【0088】

かかる構成により、中間周波数信号は、システムクロックとローカルクロックとが非同期であることに起因する周波数ずれ成分 f と位相ずれ成分 ϕ とを、実質的に有さない。すなわち、かかる構成により、システムクロックに対して非同期であるローカルクロックでアナログ-デジタル変換される信号の非同期性を低減することができる。

【0089】

また、かかる構成により、必要な部品を最小限に抑え、第1の実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置1aにおける無線RFコイルユニット8aに比して、安価かつ小型な無線RFコイルユニット8bを実施することができる。

【0090】

第1の実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置1aと第2の実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置1bにおける構成部は、主として、回路(circuit)、回路類(circuity)、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。40

【0091】

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)等を含む)。

: S P L D)、複合プログラマブル論理デバイス (C o m p l e x P r o g r a m m a b l e L o g i c D e v i c e : C L P D)、及びフィールドプログラマブルゲートアレイ (F i e l d P r o g r a m m a b l e G a t e A r r a y : F P G A)) 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て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。更に、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。

【 0 0 9 2 】

上述の通り、第 1 の実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置 1 a は、無線 R F コイルユニット 8 a を有する。また、第 2 の実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置 1 b は、無線 R F コイルユニット 8 b を有する。しかしながら、無線 R F コイルユニット 8 a が独立の無線 R F コイル装置として実施されてもよい。同様に、無線 R F コイルユニット 8 b が独立の無線 R F コイル装置として実施されてもよい。かかる場合であっても、当該無線 R F コイル装置は、周波数ずれ成分と位相ずれ成分とを相殺するように実施されるものである。

【 0 0 9 3 】

(効果)

以上の実施形態に係る構成によれば、以下の効果が奏される。

【 0 0 9 4 】

実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置は、無線 R F コイルユニットを具備する。前記無線 R F コイルユニットは、第 1 のクロック換算で第 1 の周波数と前記第 1 の周波数とは異なる第 2 の周波数とを有するアナログ信号を受信する少なくとも一つの受信手段と、第 2 のクロックに基づいて、前記アナログ信号を、前記第 1 の周波数に対応する第 1 のデジタル信号と、前記第 2 の周波数に対応する第 2 のデジタル信号と、に変換する変換手段と、前記第 1 のデジタル信号と前記第 2 のデジタル信号とを乗算することにより、前記第 1 の周波数と前記第 2 の周波数との差分である第 3 の周波数を有する第 3 のデジタル信号を生成する乗算手段と、を有する。

【 0 0 9 5 】

かかる構成により、中間周波数信号は、システムクロックとローカルクロックとが非同期であることに起因する周波数ずれ成分と位相ずれ成分とを、実質的に有さない。すなわち、システムクロックに対して非同期であるローカルクロックでアナログ - デジタル変換される信号の非同期性を低減することができる。

【 0 0 9 6 】

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ものである。

【 符号の説明 】

【 0 0 9 7 】

1 a、1 b … 磁気共鳴イメージング装置、2 0 … 処理回路、2 1 … 記憶回路、3 0 … シーケンスコントローラ、3 1 … R F トランシーバ、3 1 0 … トランスミッタ、3 1 1 … レシーバ、4 … 傾斜磁場電源ユニット、5 … 架台、5 0 … 静磁場磁石、5 1 … 傾斜磁場コイル、5 2 … R F 送信コイル、6 0 … 寝台、6 1 … 天板、7 0 … 入力インターフェース回路、7 1 … 表示回路、8 a、8 b … 無線 R F コイルユニット、8 0 1 a … 第 1 の受信コイル、

10

20

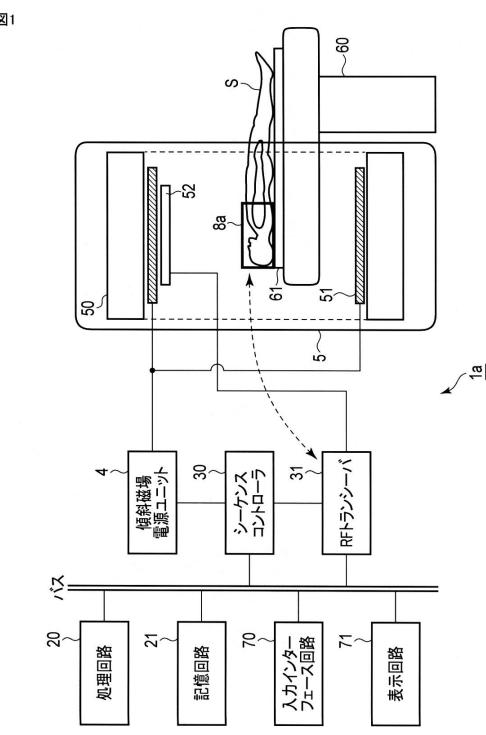
30

40

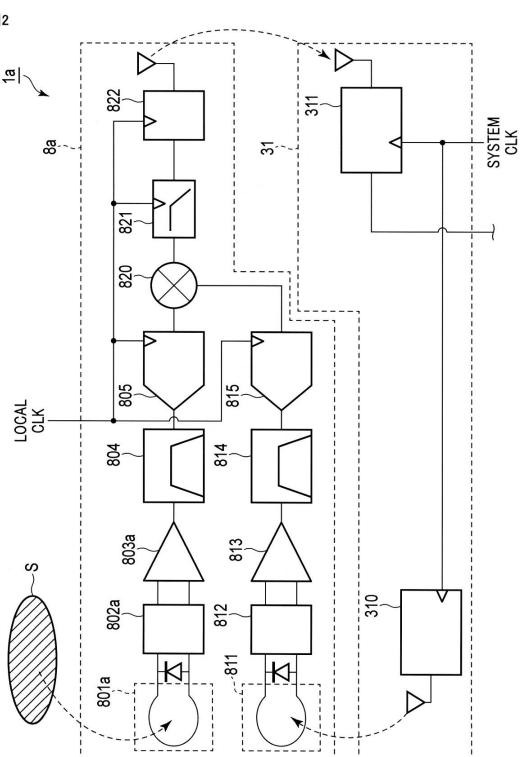
50

8 0 1 b ...受信コイル、8 0 2 a ...第1のマッチング回路、8 0 2 b ...マッチング回路、
8 0 3 a ...第1のプリアンプ、8 0 3 b ...プリアンプ、8 0 4 ...第1のバンドパスフィルタ、
8 0 5 ...第1のアナログ - ディジタルコンバータ、8 1 1 ...第2の受信コイル、8 1
2 ...第2のマッチング回路、8 1 3 ...第2のプリアンプ、8 1 4 ...第2のバンドパスフィルタ、
8 1 5 ...第2のアナログ - ディジタルコンバータ、8 2 0 ...ミキサ、8 2 1 ...ローパスフィルタ、
8 2 2 ...トランスマッタ、S ...被検体。

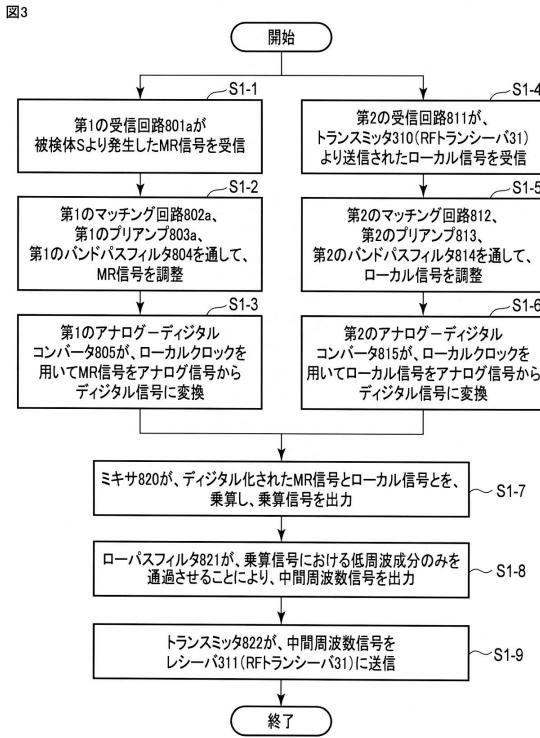
【 図 1 】



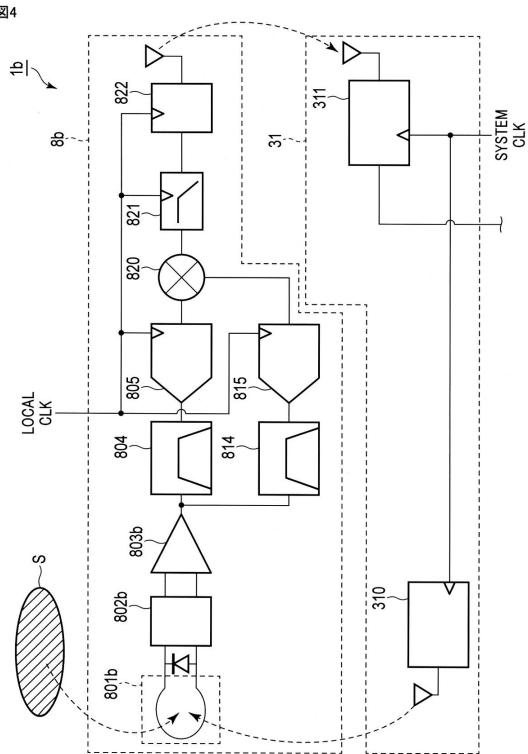
【 図 2 】



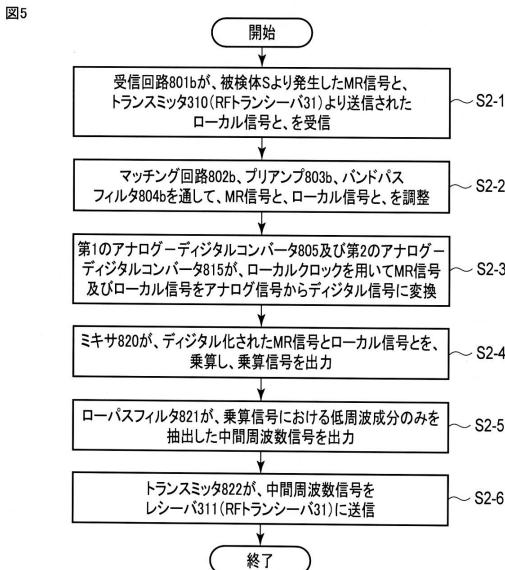
【図3】



【図4】



【図5】



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 副島 和幸

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 特表2007-504878(JP,A)
特開2011-193989(JP,A)
米国特許出願公開第2012/0286787(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A 61 B 5 / 055