

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-254884  
(P2004-254884A)

(43) 公開日 平成16年9月16日(2004.9.16)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
A 6 1 B 5/055	A 6 1 B 5/05 3 1 1	4 C 0 9 6
G 0 1 R 33/48	G 0 1 N 24/08 5 1 0 Y	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 11 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2003-48447 (P2003-48447)</p> <p>(22) 出願日 平成15年2月26日 (2003.2.26)</p>	<p>(71) 出願人 300019238                  ジーイー・メディカル・システムズ・グローバル・テクノロジー・カンパニー・エルエルシー                  アメリカ合衆国・ウィスコンシン州・53188・ワウケシャ・ノース・グラントビュー・ブルバード・ダブリュー・710・3000</p> <p>(74) 代理人 100085187                  弁理士 井島 藤治</p> <p>(74) 代理人 100090424                  弁理士 鮫島 信重</p>
--	--

最終頁に続く

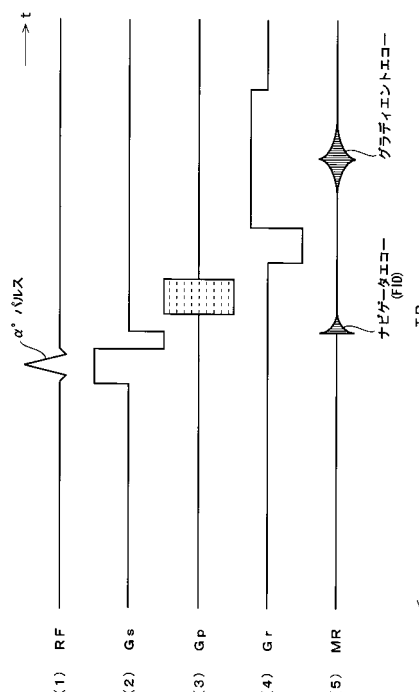
(54) 【発明の名称】 磁気共鳴撮影装置

(57) 【要約】

【課題】ナビゲータエコーに基づくケミカルシフト・サチュレーションを適切に行う磁気共鳴撮影装置を実現する。

【解決手段】信号収集手段にケミカルシフト・サチュレーションを行わない状態でナビゲーション用の磁気共鳴信号を収集させ(1)~(5)、ナビゲーション用の磁気共鳴信号の周波数に応じてケミカルシフト・サチュレーション用のRF信号の周波数を決定し、信号収集手段にこの周波数によるケミカルシフト・サチュレーションを行った状態で画像再構成用の磁気共鳴信号を収集させる。

【選択図】 図3



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

静磁場、勾配磁場および RF 磁場を撮影の対象に印加して磁気共鳴信号を収集する信号収集手段、前記磁気共鳴信号に基づいて画像を再構成する画像再構成手段および制御手段を有する磁気共鳴撮影装置であって、

前記制御手段は、

前記信号収集手段にケミカルシフト・サチュレーションを行わない状態でナビゲーション用の磁気共鳴信号を収集させ、

ナビゲーション用の磁気共鳴信号の周波数に応じてケミカルシフト・サチュレーション用の RF 信号の周波数を決定し、

前記信号収集手段にこの周波数によるケミカルシフト・サチュレーションを行った状態で画像再構成用の磁気共鳴信号を収集させる、

ことを特徴とする磁気共鳴撮影装置。

10

**【請求項 2】**

前記ナビゲーション用の磁気共鳴信号は FID 信号である、ことを特徴とする請求項 1 に記載の磁気共鳴撮影装置。

**【請求項 3】**

前記ケミカルシフト・サチュレーションは脂肪についてのケミカルシフト・サチュレーションである、

ことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の磁気共鳴撮影装置。

20

**【請求項 4】**

前記ケミカルシフト・サチュレーションは水についてのケミカルシフト・サチュレーションである、

ことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の磁気共鳴撮影装置。

**【請求項 5】**

前記画像再構成用の磁気共鳴信号はグラディエントエコーである、

ことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 4 のうちのいずれか 1 つに記載の磁気共鳴撮影装置。

**【請求項 6】**

前記画像再構成用の磁気共鳴信号はスピンエコーである、

ことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 4 のうちのいずれか 1 つに記載の磁気共鳴撮影装置。

30

**【請求項 7】**

前記信号収集手段は前記静磁場を永久磁石によって発生する、

ことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 6 のうちのいずれか 1 つに記載の磁気共鳴撮影装置。

**【請求項 8】**

前記静磁場は垂直磁場である、

ことを特徴とする請求項 7 に記載の磁気共鳴撮影装置。

**【発明の詳細な説明】**

40

**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、磁気共鳴撮影装置に関し、とくに、ケミカルシフト・サチュレーション (chemical shift saturation) を伴う磁気共鳴撮影を行う装置に関する。

**【0002】****【従来技術】**

磁気共鳴撮影装置では、ケミカルシフト・サチュレーションによって脂肪または水の信号を抑制し、水だけまたは脂肪だけの像を撮影することが行われる。ケミカルシフト・サチュレーションには、被抑制信号の周波数に一致した周波数を持つ RF (radio fr

50

frequency) 信号すなわちサチュレーションパルス (saturation pulse) が用いられる (例えば、特許文献 1 参照)。

【0003】

【特許文献 1】

特開平 5 - 130979 号公報 (第 2 頁、図 6)

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

ケミカルシフト・サチュレーションを静磁場強度の変化に伴う被抑制信号の周波数変化に追従して行うために、FID 信号をナビゲータエコー (navigator echo) とし、その周波数に基づいてサチュレーションパルスの周波数を調節しようとした場合、ナビゲータエコーがケミカルシフト・サチュレーション後のものであるために、何らかの原因でいちども不適切なサチュレーションが行われると、ナビゲータエコーの周波数に誤差が生じ、以後のサチュレーションが全て不適切になり撮影の品質が低下する。

10

【0005】

そこで、本発明の課題は、ナビゲータエコーに基づくケミカルシフト・サチュレーションを適切に行う磁気共鳴撮影装置を実現することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】

上記の課題を解決するための本発明は、静磁場、勾配磁場および RF 磁場を撮影の対象に印加して磁気共鳴信号を収集する信号収集手段、前記磁気共鳴信号に基づいて画像を再構成する画像再構成手段および制御手段を有する磁気共鳴撮影装置であって、前記制御手段は、前記信号収集手段にケミカルシフト・サチュレーションを行わない状態でナビゲーション用の磁気共鳴信号を収集させ、ナビゲーション用の磁気共鳴信号の周波数に応じてケミカルシフト・サチュレーション用の RF 信号の周波数を決定し、前記信号収集手段にこの周波数によるケミカルシフト・サチュレーションを行った状態で画像再構成用の磁気共鳴信号を収集させる、ことを特徴とする磁気共鳴撮影装置である。

20

【0007】

本発明では、制御手段により、信号収集手段にケミカルシフト・サチュレーションを行わない状態でナビゲーション用の磁気共鳴信号を収集させ、ナビゲーション用の磁気共鳴信号の周波数に応じてケミカルシフト・サチュレーション用の RF 信号の周波数を決定し、信号収集手段にこの周波数によるケミカルシフト・サチュレーションを行った状態で画像再構成用の磁気共鳴信号を収集させるので、ナビゲータエコーに基づくケミカルシフト・サチュレーションを適切に行うことができる。

30

【0008】

前記ナビゲーション用の磁気共鳴信号は FID 信号であることが、その周波数が静磁場強度を正確に表す点で好ましい。前記ケミカルシフト・サチュレーションは脂肪についてのケミカルシフト・サチュレーションであることが、脂肪信号を抑制する点で好ましい。前記ケミカルシフト・サチュレーションは水についてのケミカルシフト・サチュレーションであることが、水信号を抑制する点で好ましい。

【0009】

前記画像再構成用の磁気共鳴信号はグラディエントエコーであることが、グラディエントエコーの利点を生かした撮影を行う点で好ましい。前記画像再構成用の磁気共鳴信号はスピンエコーであることが、スピンエコーの利点を生かした撮影を行う点で好ましい。

40

【0010】

前記信号収集手段は前記静磁場を永久磁石によって発生することが、静磁場を簡便に発生する点で好ましい。前記静磁場は垂直磁場であることが、磁場空間の開放性を良くする点で好ましい。

【0011】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。なお、本発明は実施の形態

50

に限定されるものではない。図1に磁気共鳴撮影装置のブロック(block)図を示す。本装置の構成によって、本発明の装置に関する実施の形態の一例が示される。

【0012】

同図に示すように、本装置はマグネットシステム(magnet system)100を有する。マグネットシステム100は主磁場マグネット部102、勾配コイル部106およびRFコイル部108を有する。これら主磁場マグネット部102および各コイル部は、いずれも空間を挟んで互いに対向する1対のものからなる。また、いずれも概ね円盤状の形状を有し中心軸を共有して配置されている。マグネットシステム100の内部空間に、対象1がクレードル500に搭載されて図示しない搬送手段により搬入および搬出される。

10

【0013】

主磁場マグネット部102はマグネットシステム100の内部空間に静磁場を形成する。静磁場の方向は概ね対象1の体軸方向と直交する。すなわちいわゆる垂直磁場を形成する。垂直磁場は撮影空間の開放性が良いという特徴がある。

【0014】

主磁場マグネット部102は例えば永久磁石を用いて構成される。永久磁石を用いることにより静磁場を簡便に発生することができる。なお、永久磁石に限らず超伝導電磁石あるいは常伝導電磁石等を用いて構成してもよい。

【0015】

勾配コイル部106は、互いに垂直な3軸すなわちスライス(slice)軸、位相軸および周波数軸の方向において、それぞれ静磁場強度に勾配を持たせるための3つの勾配磁場を生じる。

20

【0016】

静磁場空間における互いに垂直な座標軸を $x$ 、 $y$ 、 $z$ としたとき、いずれの軸もスライス軸とすることができる。その場合、残り2軸のうち的一方を位相軸とし、他方を周波数軸とする。また、スライス軸、位相軸および周波数軸は、相互間の垂直性を保ったまま $x$ 、 $y$ 、 $z$ 軸に関して任意の傾きを持たせることも可能である。これはオブリーク(oblique)とも呼ばれる。なお、本装置では対象1の体軸の方向を $z$ 軸方向とする。

【0017】

スライス軸方向の勾配磁場をスライス勾配磁場ともいう。位相軸方向の勾配磁場を位相エンコード(encode)勾配磁場またはフェーズエンコード(phase encode)勾配磁場ともいう。周波数軸方向の勾配磁場をリードアウト(read out)勾配磁場ともいう。リードアウト勾配磁場は周波数エンコード勾配磁場と同義である。このような勾配磁場の発生を可能にするために、勾配コイル部106は図示しない3系統の勾配コイルを有する。以下、勾配磁場を単に勾配ともいう。

30

【0018】

RFコイル部108は静磁場空間に対象1の体内のスピン(spin)を励起するためのRF磁場を形成する。以下、RF磁場を形成することをRF励起信号の送信ともいう。また、RF励起信号をRFパルス(pulse)ともいう。励起されたスピが生じる電磁波すなわち磁気共鳴信号は、RFコイル部108によって受信される。

40

【0019】

磁気共鳴信号は、周波数ドメイン(domain)すなわちフーリエ(Fourier)空間の信号となる。位相軸方向および周波数軸方向の勾配により、磁気共鳴信号のエンコードを2軸で行うので、磁気共鳴信号は2次元フーリエ空間における信号として得られる。フェーズエンコード勾配およびリードアウト勾配は、2次元フーリエ空間における信号のサンプリング位置を決定する。以下、2次元フーリエ空間を $k$ スペース( $k$ -space)ともいう。

【0020】

勾配コイル部106には勾配駆動部130が接続されている。勾配駆動部130は勾配コイル部106に駆動信号を与えて勾配磁場を発生させる。勾配駆動部130は、勾配コイ

50

ル部 106 における 3 系統の勾配コイルに対応して、図示しない 3 系統の駆動回路を有する。

【0021】

RF コイル部 108 には RF 駆動部 140 が接続されている。RF 駆動部 140 は RF コイル部 108 に駆動信号を与えて RF パルスを送信し、対象 1 の体内のスピンを励起する。

【0022】

RF コイル部 108 にはデータ収集部 150 が接続されている。データ収集部 150 は、RF コイル部 108 が受信した受信信号をデジタルデータ (digital data) として収集する。

【0023】

マグネットシステム 100、勾配駆動部 130、RF 駆動部 140 およびデータ収集部 150 からなる部分は、本発明における信号収集手段の実施の形態の一例である。

【0024】

勾配駆動部 130、RF 駆動部 140 およびデータ収集部 150 にはシーケンス (sequence) 制御部 160 が接続されている。シーケンス制御部 160 は、勾配駆動部 130 ないしデータ収集部 150 をそれぞれ制御して磁気共鳴信号の収集を遂行する。

【0025】

シーケンス制御部 160 は、例えばコンピュータ (computer) 等を用いて構成される。シーケンス制御部 160 は図示しないメモリ (memory) を有する。メモリはシーケンス制御部 160 用のプログラムおよび各種のデータを記憶している。シーケンス制御部 160 の機能は、コンピュータがメモリに記憶されたプログラムを実行することにより実現される。

【0026】

データ収集部 150 の出力側はデータ処理部 170 に接続されている。データ収集部 150 が収集したデータがデータ処理部 170 に入力される。データ処理部 170 は、例えばコンピュータ等を用いて構成される。データ処理部 170 は図示しないメモリを有する。メモリはデータ処理部 170 用のプログラムおよび各種のデータを記憶している。

【0027】

データ処理部 170 はシーケンス制御部 160 に接続されている。データ処理部 170 はシーケンス制御部 160 の上位にあってそれを統括する。本装置の機能は、データ処理部 170 がメモリに記憶されたプログラムを実行することにより実現される。シーケンス制御部 160 およびデータ処理部 170 からなる部分は、本発明における制御手段の実施の形態の一例である。

【0028】

データ処理部 170 は、データ収集部 150 が収集したデータをメモリに記憶する。メモリ内にはデータ空間が形成される。このデータ空間は k スペースに対応する。データ処理部 170 は、k スペースのデータを 2 次元逆フーリエ変換することにより画像を再構成する。データ処理部 170 は、本発明における画像再構成手段の実施の形態の一例である。

【0029】

データ処理部 170 には表示部 180 および操作部 190 が接続されている。表示部 180 は、グラフィックディスプレイ (graphic display) 等で構成される。操作部 190 はポインティングデバイス (pointing device) を備えたキーボード (keyboard) 等で構成される。

【0030】

表示部 180 は、データ処理部 170 から出力される再構成画像および各種の情報を表示する。操作部 190 は、使用者によって操作され、各種の指令や情報等をデータ処理部 170 に入力する。使用者は表示部 180 および操作部 190 を通じてインタラクティブ (interactive) に本装置を操作する。

【0031】

10

20

30

40

50

図 2 に、磁気共鳴撮影用パルスシーケンス ( pulse sequence ) の一例を示す。このパルスシーケンスは、ケミカルシフト・サチュレーション付のグラディエントエコー ( GRE : Gradient Echo ) 法のパルスシーケンスである。グラディエントエコー法は、スピンをステディステート ( steady state ) にすることにより、撮影を高速化できるという利点がある。

【 0 0 3 2 】

すなわち、( 1 ) は RF パルスのシーケンスであり、( 2 )、( 3 )、( 4 ) および ( 5 ) は、それぞれ、スライス勾配  $G_s$ 、フェーズエンコード勾配  $G_p$ 、リードアウト勾配  $G_r$  およびエコー信号 MR のシーケンスである。パルスシーケンスは時間軸  $t$  に沿って左から右に進行する。

10

【 0 0 3 3 】

同図に示すように、サチュレーションパルスによりケミカルシフト・サチュレーションが行われる。サチュレーションパルスの周波数は被抑制信号の周波数に合わせてある。すなわち、脂肪を抑制して水像を撮影するときは、脂肪信号の周波数に合わせてられ、水を抑制して脂肪像を撮影するときは水信号の周波数に合わせてられる。以下、ケミカルシフト・サチュレーションを単にサチュレーションともいう。

【 0 0 3 4 】

サチュレーションの後に、 $\theta$  パルスによりスピンの  $\theta$  励起が行われる。 $\theta$  は  $90^\circ$  以下である。このときスライス勾配  $G_s$  が印加され所定のスライスについての選択励起が行われる。

20

【 0 0 3 5 】

$\theta$  励起後、フェーズエンコード勾配  $G_p$  によりスピンのフェーズエンコードが行われる。次に、リードアウト勾配  $G_r$  によりまずスピンをデフェーズ ( dephase ) し、次いでスピンをリフェーズ ( rephase ) して、グラディエントエコー MR を発生させる。グラディエントエコー MR は、データ収集部 150 により画像再構成用の磁気共鳴信号すなわちビューデータ ( view data ) として収集される。なお、 $\theta$  励起に伴って FID ( free induction decay ) 信号が生じるが、この信号は収集されない。

【 0 0 3 6 】

このようなパルスシーケンスが周期 TR ( repetition time ) で 64 ~ 512 回繰り返される。繰り返しのたびにフェーズエンコード勾配  $G_p$  を変更し、毎回異なるフェーズエンコードを行う。これによって、64 ~ 512 ビューのビューデータが得られる。ビューデータとして収集されるグラディエントエコーはイメージングエコーとも呼ばれる。以下、イメージングエコーを収集するためのパルスシーケンスはイメージング TR ともいう。

30

【 0 0 3 7 】

イメージング TR におけるサチュレーションパルスの周波数は、静磁場強度の変化に伴う被抑制信号の周波数変化に合わせて調節される。以下、静磁場強度の変化を単に静磁場変化ともいう。静磁場変化は FID 信号の周波数変化となって現れるので、静磁場変化の検出には FID 信号が利用される。そのような用途の FID はナビゲータエコーとも呼ばれる。

40

【 0 0 3 8 】

図 3 に、ナビゲータエコーを収集するときのパルスシーケンスの一例を示す。このパルスシーケンスは、図 2 に示したパルスシーケンスからサチュレーションパルスを除いたものに相当する。このパルスシーケンスを使用するとき、データ収集部 150 は、ナビゲータエコーのみを収集し、グラディエントエコーは収集しない。以下、このパルスシーケンスをナビゲーション TR ともいう。

【 0 0 3 9 】

ナビゲーション TR においては、サチュレーションが行われないので、ナビゲータエコーにおける水と脂肪の周波数成分はどちらも手つかずのままである。このため、サチュレー

50

シヨンの適不適によってナビゲータエコーの周波数成分が変わるということがない。したがって、ナビゲータエコーの周波数は静磁場強度を正しく表すものとなる。

【0040】

データ処理部170は、収集されたナビゲータエコーの周波数に基づいて静磁場強度を検出し、それに応じてサチュレーションパルスの周波数を決定する。決定された周波数はシーケンス制御部160に通知される。シーケンス制御部160は、それに基づいてRF駆動部140を制御し、静磁場変化に伴う被抑制信号の周波数変化に適応したサチュレーションを行わせる。

【0041】

ナビゲーションTRをイメージングTRの前に毎回行ってサチュレーションパルスの周波数を調節することにより、全てのイメージングTRにおいて正確なサチュレーションを行うことができる。なお、ナビゲーションTRは、イメージングTRの前に毎回行う代わりに、静磁場の安定度に応じて適宜の間隔で行うようにしてもよい。

【0042】

すなわち、イメージングTRに対するナビゲーションTRの割合は、例えば、4回に1回、8回に1回、16回に1回等適宜の割合であって良い。実用的には、10回1回の割合が妥当である。あるいは、全ビューに1回の割合としてもよい。

【0043】

図4に、磁気共鳴撮影に用いるパルスシーケンスの他の例を示す。このパルスシーケンスは、サチュレーション付のスピネコー(SE:Spin Echo)法のパルスシーケンスである。スピネコー法は静磁場の不均一の影響を受けにくいという利点がある。

【0044】

(1)RFパルスのシーケンスであり、(2)、(3)、(4)および(5)は、それぞれ、スライス勾配Gs、フェーズエンコード勾配Gp、リードアウト勾配GrおよびスピネコーMRのシーケンスである。パルスシーケンスは時間軸tに沿って左から右に進行する。このパルスシーケンスは、スピネコー法におけるイメージングTRである。

【0045】

同図に示すように、サチュレーションパルスによりケミカルシフト・サチュレーションが行われる。サチュレーションパルスの周波数は被抑制信号の周波数に合わせてある。

【0046】

サチュレーションの後に、90°パルスによりスピンの90°励起が行われる。このときスライス勾配Gsが印加され所定のスライスについての選択励起が行われる。90°励起から所定の時間後に、180°パルスによる180°励起すなわちスピン反転が行われる。このとき、スライス勾配Gsを印加して、同じスライスについての選択的反転を行うようにしてもよい。

【0047】

90°励起とスピン反転の間の期間に、フェーズエンコード勾配Gpおよびリードアウト勾配Grが印加される。フェーズエンコード勾配Gpによりスピンのフェーズエンコードが行われる。リードアウト勾配Grによりスピンのデフェーズが行われる。

【0048】

スピン反転後、リードアウト勾配GrでスピンをリフェーズしてスピネコーMRを発生させる。スピネコーMRはデータ収集部150によりビューデータとして収集される。なお、90°励起に伴ってFID(free induction decay)信号が生じるが、この信号は収集されない。

【0049】

このようなパルスシーケンスが周期TRで64~512回繰り返される。繰り返しのたびにフェーズエンコード勾配Gpを変更し、毎回異なるフェーズエンコードを行う。これによって、64~512ビューのビューデータが得られる。

【0050】

図5に、ナビゲータエコーを収集するときのパルスシーケンスの一例を示す。このパルス

シーケンスは、図 4 に示したパルスシーケンスからサチュレーションパルスを除いたものに相当する。このパルスシーケンスを使用するとき、データ収集部 150 は、ナビゲータエコーのみを収集し、スピンエコーは収集しない。このパルスシーケンスは、スピンエコー法におけるナビゲーション TR である。

【0051】

このようなスピンエコー法においても、ナビゲータエコーの周波数に基づいてサチュレーションパルスの周波数を調節することにより、静磁場変化に伴う被抑制信号の周波数変化に適応したサチュレーションを行うことができる。

【0052】

【発明の効果】

以上詳細に説明したように、本発明によれば、ナビゲータエコーに基づくケミカルシフト・サチュレーションを適切に行う磁気共鳴撮影装置を実現することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施の形態の一例の装置のブロック図である。

【図 2】本発明の実施の形態の一例の装置が実行するパルスシーケンスの一例を示す図である。

【図 3】本発明の実施の形態の一例の装置が実行するパルスシーケンスの一例を示す図である。

【図 4】本発明の実施の形態の一例の装置が実行するパルスシーケンスの一例を示す図である。

20

【図 5】本発明の実施の形態の一例の装置が実行するパルスシーケンスの一例を示す図である。

【符号の説明】

1 対象

100 マグネットシステム

102 主磁場コイル部

102 主磁場マグネット部

106 勾配コイル部

108 RFコイル部

130 勾配駆動部

140 RF駆動部

150 データ収集部

160 シーケンス制御部

170 データ処理部

180 表示部

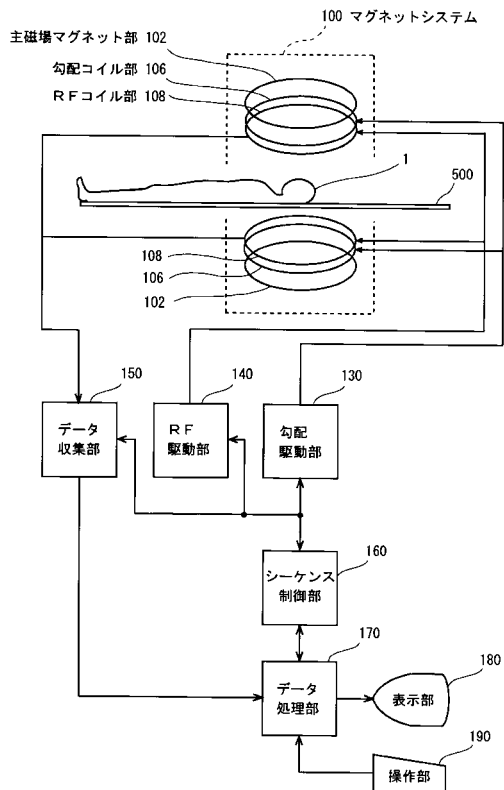
190 操作部

500 クレードル

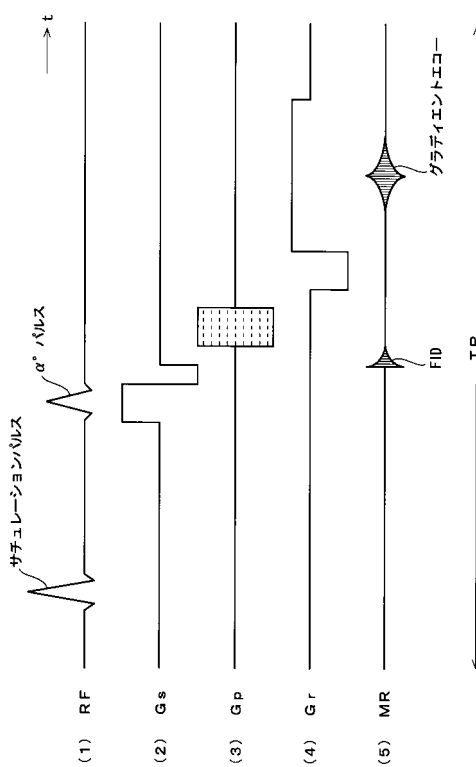
30



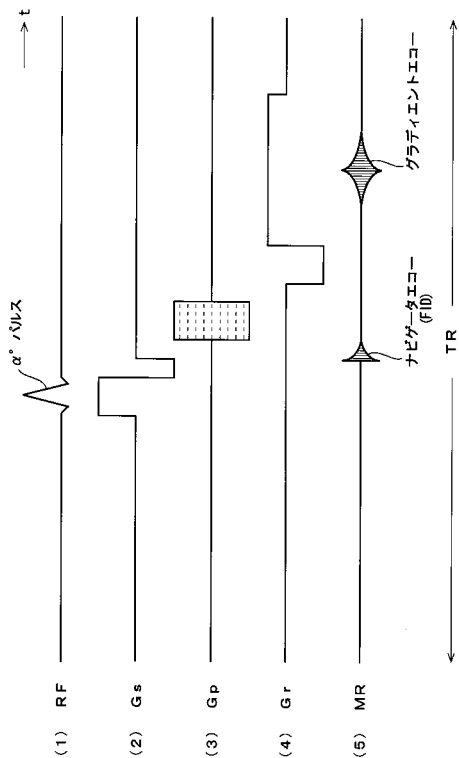
【 図 1 】



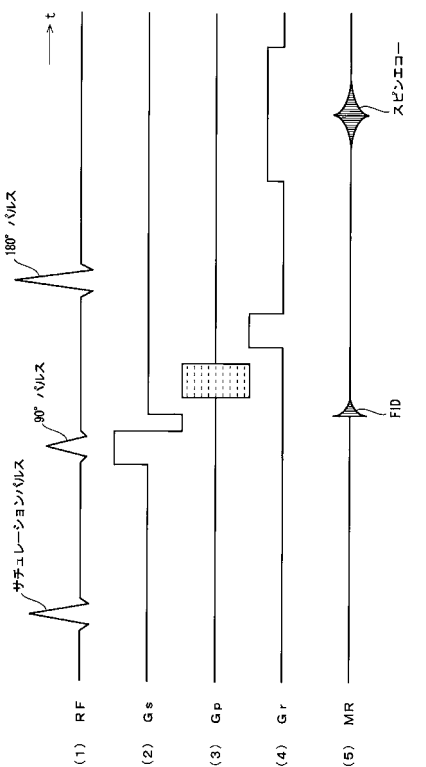
【 図 2 】



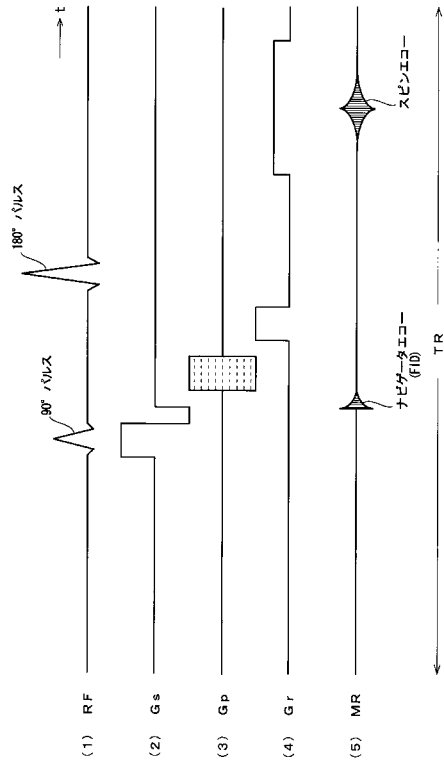
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 浅野 健二

東京都日野市旭が丘四丁目7番地の127 ジーイー横河メディカルシステム株式会社内

Fターム(参考) 4C096 AA06 AA07 AB50 AD06 AD12 AD25 BA04 BA20 BB32 DA03

DA04