

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4558219号  
(P4558219)

(45) 発行日 平成22年10月6日(2010.10.6)

(24) 登録日 平成22年7月30日(2010.7.30)

(51) Int.Cl.

F 1

A 6 1 B 5/055 (2006.01)

A 6 1 B 5/05 3 8 2

請求項の数 6 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2001-13321 (P2001-13321)  
 (22) 出願日 平成13年1月22日(2001.1.22)  
 (65) 公開番号 特開2002-209871 (P2002-209871A)  
 (43) 公開日 平成14年7月30日(2002.7.30)  
 審査請求日 平成19年12月11日(2007.12.11)

(73) 特許権者 000153498  
 株式会社日立メディコ  
 東京都千代田区外神田四丁目14番1号  
 (72) 発明者 宮脇 昇一  
 東京都千代田区内神田1丁目1番14号  
 株式会社日立メディコ内

審査官 右▲高▼ 孝幸

(56) 参考文献 特開昭63-317144 (J P, A)  
 特開平5-31099 (J P, A)  
 特開平6-189935 (J P, A)  
 特開平7-313487 (J P, A)  
 特開2000-300537 (J P, A)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気共鳴イメージング装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

静磁場発生手段と、傾斜磁場発生手段と、高周波磁場パルス照射手段と、被検体から発生する磁気共鳴信号を受信する受信手段と、前記磁気共鳴信号に基づいて画像を再構成する信号処理手段と、画像表示手段と、前記各手段を制御して拡散強調撮影を行う制御手段と、入力手段とを備えた磁気共鳴イメージング装置において、

前記画像表示手段は、前記拡散強調撮影を行う際の、拡散方向を矢印の向きで、拡散強度を矢印の長さで、それぞれ表して表示し、

前記入力手段は、前記矢印を設定又は変更するための操作情報を受け付け、

前記制御手段は、前記矢印の設定又は変更に対応して、前記拡散方向と前記拡散強度を変更して前記拡散強調撮影を行うことを特徴とする磁気共鳴イメージング装置。

【請求項 2】

請求項 1 記載の磁気共鳴イメージング装置において、

前記画像表示手段は、スライス部位の設定図形(52)と前記矢印(53)とを表示することを特徴とする磁気共鳴イメージング装置。

【請求項 3】

請求項 2 記載の磁気共鳴イメージング装置において、

前記画像表示手段は、スライス面からの傾きに応じて、前記矢印の色調を変化させて表示することを特徴とする磁気共鳴イメージング装置。

【請求項 4】

10

20

請求項 2 記載の磁気共鳴イメージング装置において、  
前記画像表示手段は、スライス面からの傾きに応じて、前記矢印を 3 次元表示すること  
を特徴とする磁気共鳴イメージング装置。

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 の何れか一項に記載の磁気共鳴イメージング装置において、  
前記画像表示手段は、複数の異なる断面画像を表示し、断面画像毎に前記情報表示を行  
うことを特徴とする磁気共鳴イメージング装置。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 の何れか一項に記載の磁気共鳴イメージング装置において、  
前記制御手段は、前記情報表示の設定又は変更が行われた断面画像とは、異なる断面を  
撮影することを特徴とする磁気共鳴イメージング装置。

10

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、磁気共鳴イメージング装置（以下、MRI 装置と称する。）に係り、具体的  
には、拡散強調画像を取得する機能を備えた MRI 装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

MRI 装置は、磁気共鳴現象を利用して生体などの被検体の対象部位の断層像を得る装置  
である。拡散強調画像は、対象部位における分子拡散の程度を示す画像であり、例えば、  
生体内の水の拡散の程度が低い部位を観察して、脳梗塞などの病変部位の診断等に用いら  
れる。この拡散強調画像は、断層像の撮像時に特別な傾斜磁場（MPG：Motion Probing  
Gradient）を印加することにより取得する。そして、MPG を印加する物理的な軸及び  
MPG 強度等の MPG 条件を変化させることにより、拡散方向及び拡散強度を任意に設定  
することができる。そこで、所望の拡散強調画像を取得するために、撮像に先だって MRI  
装置に拡散方向及び拡散強度を設定するための MPG 条件を設定する必要がある。

20

【0003】

従来、MPG 条件を設定する方法としては、

- （１）操作卓に予め登録あるいは用意されている拡散方向及び拡散強度の選択肢の中から  
必要なものを選択すると、操作卓が MPG 情報を計算して MRI 装置に設定する方法、
- （２）入力装置から操作者が MPG 条件を MRI 装置に入力することにより、拡散方向及  
び拡散強度を任意に設定する方法がある。

30

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、拡散方向及び拡散強度を設定するにあたって、従来の設定方法（１）によ  
れば、予め登録されているパラメータに制限されるため、操作者が自由に MPG 情報を設  
定することができないという問題がある。一方、従来の設定方法（２）によると、操作者  
が任意に拡散方向及び拡散強度を設定することができるが、設定作業は手間のかかるもの  
であることから、MR 撮像による検査効率が低下するという問題がある。

【0005】

本発明は、拡散強調画像の拡散条件を任意にかつ容易に設定できるようにすることを課題  
とする。

40

【0006】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため、本発明の磁気共鳴イメージング装置は、静磁場発生手段と、  
傾斜磁場発生手段と、高周波磁場パルス照射手段と、被検体から発生する磁気共鳴信号を  
受信する受信手段と、前記磁気共鳴信号に基づいて画像を再構成する信号処理手段と、画  
像表示手段と、前記各手段を制御する制御手段と、入力手段とを備えた磁気共鳴イメー  
ジング装置において、前記画像表示手段は、拡散強調画像における拡散方向と拡散強度を示  
す情報を表示することを特徴とする。

50

## 【 0 0 0 7 】

より詳しくは、制御手段は、入力手段から拡散強調画像撮像の選択信号が入力されたとき画像表示手段に拡散方向と拡散強度を示す図形を表示させ、入力手段の指令に応じて図形の形状を変形させ、この図形の形状に基づいて拡散方向及び拡散強度を設定するものである。

## 【 0 0 0 8 】

また、この図形は矢印で表され、矢印の方向は拡散方向、矢印の長さは拡散強度を示すようにしてもよい。さらに、矢印に色を付け色調により拡散強度を示してよいし、矢印を3次元表示させてもよい。

## 【 0 0 0 9 】

このように構成することにより、画面に表示された図形の形状、例えば矢印の向きと長さを、ポインティングデバイスなどの入力手段により操作者が操作することにより、拡散条件を簡単に設定することができることから、操作者は所望の拡散条件を任意にかつ容易に設定することができる。

## 【 0 0 1 0 】

## 【実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて用いて説明する。図1は一実施形態の拡散条件設定手順の一例を示すフローチャート、図2は一実施形態のMRI装置の全体構成を示すブロック図、図3は拡散強調画像の一実施形態の撮像シーケンスを示している。

## 【 0 0 1 1 】

図2に示すように、MRI装置は、静磁場発生磁気回路1、傾斜磁場発生系2、送信系3、受信系4、信号処理系5、シーケンサ6、中央処理装置(CPU)7、操作部8等を備えて構成される。静磁場発生磁気回路1は、被検体9が置かれる空間に均一な静磁場を発生させるものである。その静磁場の方向は、通常、被検体9の体軸方向又は体軸に直交する方向である。また、静磁場発生磁気回路1は、永久磁石方式、常電導電磁石方式又は超電導電磁石方式の磁場発生手段により形成されている。傾斜磁場発生系2は、直交3軸(X、Y、Z)方向の傾斜磁場を発生する傾斜磁場コイル10と、その傾斜磁場コイル10の駆動電流を供給する傾斜磁場電源11を有して構成されている。傾斜磁場電源11は、シーケンサ6の命令に従って直交3軸(X、Y、Z)方向の傾斜磁場Gs、Gp、Gfを被検体9に印加するようになっている。この傾斜磁場の与え方によって断層像のスライス面を設定することができるとともに、計測されるエコー信号に位置情報をエンコードすることができる。シーケンサ6はCPU7の制御により動作し、パルスシーケンスと称される撮像シーケンスに従って、傾斜磁場発生系2、送信系3、受信系4等に命令を送り、断層像を撮像するのに必要な制御を実行するものである。

## 【 0 0 1 2 】

送信系3は、被検体9の生体組織を構成する原子核に核磁気共鳴を起こさせるための高周波磁場パルスを照射するもので、高周波発振器12、変調器13、高周波増幅器14及び高周波照射コイル15を有して構成されている。そして、送信系3は、シーケンサ6の命令に従って、高周波発振器12から出力される高周波パルスを変調器13で振幅変調し、さらに高周波増幅器14で増幅した後、高周波照射コイル15に供給して高周波パルス(RFパルス)を被検体9に照射するようになっている。

## 【 0 0 1 3 】

受信系4は、被検体9の生体組織の原子核の核磁気共鳴により放出されるエコー信号(NMR信号)を検出するもので、受信側の高周波受信コイル16、増幅器17、直交位相検波器18及びA/D変換器19を有して構成される。高周波受信コイル16により受波されたNMR信号は増幅器17で増幅され、直交位相検波器18で検波された後、A/D変換器19でデジタル信号の計測データに変換される。なお、シーケンサ6の制御によるタイミングで直交位相検波器18により位相を90°ずらしてサンプリングされた二系列の計測データは、信号処理系5に送られる。

## 【 0 0 1 4 】

信号処理系 5 は、CPU 7、ROM 20、RAM 21、光磁気ディスク 22、CRT などのディスプレイ 23 及び磁気ディスク 24 を有して構成される。CPU 7 は、入力されるエコー信号についてフーリエ変換、補正係数計算、画像再構成処理等の処理、及びシーケンサ 6 の制御を行ない、任意断面の信号強度分布あるいは所定の処理をした画像を作成して、ディスプレイ 23 に断層像として表示するようになっている。ROM 20 は、経時的な画像解析処理及び計測を行なうプログラムや、その実行に用いる不変のパラメータなどを記憶する。RAM 21 は、前計測で用いた計測パラメータや、送信系 4 で検出したエコー信号、及び関心領域設定に用いる画像を一時保管すると共に、その関心領域を設定するためのパラメータなどを記憶する。光磁気ディスク 22 及び磁気ディスク 24 は、CPU 7 により再構成された画像データを記録する。ディスプレイ 23 は、光磁気ディスク 22 及び磁気ディスク 24 に格納されている画像データを映像化して断層像として表示する。操作部 8 は、信号処理系 5 で実行する処理の制御情報を入力する入力手段であり、例えば、トラックボール又はマウス 25 やキーボード 26 を備えて構成される。

10

#### 【0015】

特に、本発明の特徴に係る拡散強調画像を撮像するため、シーケンサ 6 は拡散強調画像を撮像するパルスシーケンスを実行する機能を備えるとともに、CPU 7 は操作部 8 から入力される拡散強調画像の撮像指令、拡散条件等の入力指令に基づいて、ディスプレイ 23 及びシーケンサ 6 を制御するようになっている。

#### 【0016】

ここで、拡散強調画像の撮像シーケンスの一実施形態を、図 3 に基づいて説明する。同図は、上から順に、高周波磁場パルス (RF)、スライス傾斜磁場パルス (Gs)、位相エンコード傾斜磁場パルス (Gp)、リードアウト傾斜磁場パルス又は周波数エンコード傾斜磁場パルス (Gf)、エコー信号 (Signal) を示し、横軸はそれらの印加タイミング又は計測タイミング、縦軸はそれらの強度を示している。

20

#### 【0017】

図 3 の撮像シーケンスはスピンエコー - エコプレーナイメージング (SE - EPI) 法であり、スライス断面を選択するスライス傾斜磁場パルス (Gs) 33 と共に RF 90 度パルス 31 を印加して、被検体の所望のスライス部位を励起する。次いで、拡散強調画像を得るために用いる前側 MPG パルス 34 を印加する。本例の場合は、3 つの全ての軸方向に MPG パルスを印加しているが、所望の拡散画像に応じて MPG パルスを印加する軸は適宜選択される。次に、スピンエコーを発生させるため、RF 180 度パルス 32 をスライス傾斜磁場パルス 35 と共に印加した後、後側 MPG パルス 36 を印加するした後、エコー信号を取得するシーケンスを実行する。

30

#### 【0018】

まず、エコー信号に位相情報を付与するために位相エンコード傾斜磁場パルス 41 を印加した後、リードアウト傾斜磁場パルス 39 を繰り返し印加してエコー信号を計測する。本実施形態の場合は、4 つのエコー信号 42 - 1, ..., 42 - 4 からなるエコートレインを取得する例を示している。なお、エコー信号 42 - 1 は RF 90 度パルスを印加してから所定のエコータイム TE 後に計測する。位相エンコード傾斜磁場パルス 43 は、エコー信号 42 - 1, ..., 42 - 4 にそれぞれ個別の位相情報を付与するために印加するものである。このように、1 回の励起で、4 つのエコー信号を計測することにより、通常のスピンエコー法 (SE 法) の 4 倍の速さで計測を行う。このようなシーケンスを、位相エンコード傾斜磁場パルス 41 の強度を変化させて、1 枚の画像を構成するのに必要な磁気共鳴信号を得るまで繰り返し実行する。シーケンスを実行して得られるエコー信号は、受信系 4 により処理された後、CPU 7 において所定の画像再構成処理を行なって所望の拡散強調画像を再構成し、ディスプレイ 23 に表示する。

40

#### 【0019】

このような拡散強調画像の撮像シーケンスは、例えば 1 つのスライスについて、拡散強度を表わす傾斜磁場因子である b 値を 0 として、拡散強調しない 1 枚の画像を撮像するとともに、b 値を所望の値に設定して複数の拡散方向 (例えば、6 方向) について複数枚の画

50

像を撮像する。ここで、 $b$  値は、図 3 に示した M P G パルス 3 4 , 3 6 の強度に相関する値であり、拡散の程度を調整する値である。また、拡散方向は、M P G パルス 3 4 , 3 6 の印加軸の方向（含む、合成方向）であり、例えば、狭窄している部位などを観察するためには、様々な方向の拡散強調画像が有用である。したがって、これらの拡散条件を、1 つのスライス断面毎に、所望の拡散強調画像に応じて設定する必要がある。

#### 【 0 0 2 0 】

ここで、本発明の特徴に係る拡散条件の設定について、図 1 に示したフローチャート及び図 4 ~ 図 9 に基づいて説明する。同フローチャートは C P U 7 における処理を中心に表わしたものである。

#### 【 0 0 2 1 】

##### （ステップ S 1 ）

操作部 8 のトラックボール又はマウス 2 5 等のポインティングデバイス、あるいはキーボード 2 6 等の入力手段により拡散強調画像撮像モードの選択信号が入力されると、拡散条件の設定処理を開始する。

#### 【 0 0 2 2 】

##### （ステップ S 2 ）

拡散条件の設定処理は、ディスプレイ 2 3 に操作画面を表示するとともに、その操作画面上に拡散方向および強度設定用の図形を表示することにより開始する。操作画面は、例えば図 4 に示すように、被検体の撮像対象部位の図形 5 1 と、スライス部位の設定図形 5 2 と、拡散条件の設定図形 5 3 を含んで構成される。この操作画面は、通常の断層像を表示する画面と共にディスプレイ 2 3 に表示してもよい。拡散条件の設定図形 5 3 は、撮影断面であるスライス面に平行な座標面 5 4 と矢印 5 5 を有してなる。座標面 5 4 はスライス面の腹部側（A）と背中側（P）を結ぶ縦軸（A P 軸）と、スライス面の左右を結ぶ横軸（R L 軸）からなる。矢印 5 5 は座標面 5 4 の中心に表示される。

#### 【 0 0 2 3 】

##### （ステップ S 3 ）

拡散強調画像の各種条件は、操作画面の図形等をポインティングデバイスによって操作することにより設定できるようになっている。つまり、スライスの位置及び傾きなどは、従来から行なわれているように、設定図形 5 2 をポインティングデバイスで操作して設定する。また、拡散方向及び拡散強度は、図 5 に示すように、矢印 5 5 の向き及び長さに対応付けられており、トラックボールやマウスなどのポインティングデバイスを操作することによって、任意に設定可能に形成されている。例えば、マウスの左ボタンで矢印 5 5 の一端をクリックして一方向にドラッグすることによって、C P U 7 は矢印 5 5 の長さを変更するようになっている。また、同様にクリックして現在の方向とは異なる方向にドラッグすることによって、C P U 7 は矢印 5 5 の向きを変更するようになっている。

#### 【 0 0 2 4 】

##### （ステップ S 4 ）

このようにして画面上で設定された矢印 5 5 の向きと長さは、C P U 7 により読取られ拡散方向及び拡散強度の設定条件が計算される。なお、複数の拡散方向は一般に相対的に一定の関係にあることから、設定された 1 つの拡散方向に基づいて他の拡散方向は計算で求めるようにしている。

#### 【 0 0 2 5 】

##### （ステップ S 5 ）

設定された拡散強度に基づいて C P U 7 により計算された  $b$  値（ $b$  - value）と、矢印 5 5 により設定された拡散方向（angle）が設定図形 5 3 に重ねて表示されるとともに、シーケンサ 6 にその拡散条件が設定される。すなわち、矢印 5 5 により設定された拡散方向及び拡散強度に基づいて、直交 3 軸（X、Y、Z）にそれぞれ印加する傾斜磁場強度が求められ、これに従って拡散強調画像の撮像シーケンスが設定される。なお、傾斜磁場強度は、傾斜磁場発生電源など装置の能力により限界があることから、設定された矢印 5 5 の向き及び長さから求まる各軸の傾斜磁場強度をその限界値と比較し、限界を超える場合は

10

20

30

40

50

矢印 5 5 の向きと長さに制限を設ける。これにより、傾斜磁場発生電源などの装置を保護できる。

【 0 0 2 6 】

上述したように、本実施形態によれば、操作画面に表示された矢印 5 5 を、操作者がポインティングデバイスで操作することにより、拡散条件を簡単に設定することができることから、操作者は所望の拡散条件を任意にかつ容易に設定することができる。

【 0 0 2 7 】

上記実施形態においては、矢印 5 5 の向きと長さを画面上で操作して、拡散方向と拡散強度を可変設定するようにしたが、矢印に限らず、要は設定画像の形態を画面上で可変することにより拡散方向と拡散強度を可変設定するものであれば、設定画像の形態はどのようなものでもよい。

10

【 0 0 2 8 】

また、上記実施形態の操作画面は、1 枚の矢状断面画像に対して横断面の拡散協調画像を撮像する場合を示したが、これに代えて図 6 に示すように、矢状断面画像と冠状断面画像の 2 枚の操作画面を一对として表示するようにしてもよい。

すなわち、図 6 ( A ) は図 5 と同じく矢状断面画像であるが、図 6 ( B ) は冠状断面画像であり、拡散条件の設定図形 5 6 は線 5 7 によって示した励起断面 ( スライス面 ) を横から見た状態で表示している。これにより、スライス面に対する拡散方向の傾斜を容易に認識できるとともに、所望の場合はポインティングデバイス进行操作することにより、拡散方向をスライス面に対して非平行に直感的に設定できる。例えば、中央ボタンで矢印をクリックしながら操作する。この場合、矢印 5 5 のスライス面からの傾きに依じて、図 7 ( A ) に示すように、矢印 5 5 の色付けを段階的に変化させたり、図 7 ( B ) に示すように、3 次元表示することにより、操作者にスライス面に対する拡散方向の傾きを容易に認識させることができる。

20

【 0 0 2 9 】

また、図 5 及び図 6 の例は、被検体の撮像対象部位の図形 5 1 を表示するようにしたが、これに代えて、図 8 に示すように、撮影対象部位について M P G を印加しないで取得した断層像 5 8 などの比較画像を操作画面に表示するようにしてもよい。

【 0 0 3 0 】

更に、上述のようにして矢印 5 5 を操作して設定した拡散方向及び拡散強度に基づき、C P U 7 により計算した詳細な条件を図 9 に示す設定画面に出力表示する。これにより、操作者は設定した拡散条件に対応する各軸 ( X , Y , Z ) の傾斜磁場強度 m T / m、b -value、M P G パターン ( M P G Pattern ) などの詳細な条件を確認することができる。この場合、例えば、右ボタンで矢印をクリックすることにより、図 9 の設定画面を表示することができる。また、図 9 の設定画面を用いて、各軸 ( X , Y , Z ) の傾斜磁場強度 m T / m、b -value、M P G パターン ( M P G Pattern ) などの詳細な条件を操作者がキーボードなどを操作して入力するようにしてもよい。例えば、M P G の印加パターンが複数存在する場合は、この画面で印加パターンを選択することが可能である。

30

【 0 0 3 1 】

また、撮影断面が複数ある場合は、拡散方向と拡散強度を断面ごとに変えて設定することも可能であり、撮影前に設定した矢印の方向および長さは、予め指示しておくことにより、再構成された画像に添付するようにすることも可能である。

40

【 0 0 3 2 】

【 発明の効果 】

以上述べたように、本発明によれば、拡散強調画像の拡散条件を任意にかつ容易に設定できる。

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 本発明の特徴に係る拡散条件設定手順の一実施の形態を示すフローチャートである。

【 図 2 】 本発明の磁気共鳴イメージング装置の一実施の形態の全体構成図である。

50

【図 3】拡散強調画像の撮像シーケンスの一例を示す図である。

【図 4】拡散条件の設定画面の一例を示す図である。

【図 5】図 4 の矢印の形態が有する特徴を説明する図である。

【図 6】拡散条件の設定画面の他の例を示す図である。

【図 7】図 6 の矢印の表示の変形例を示す図である。

【図 8】拡散条件の設定画面の更に他の例を示す図である。

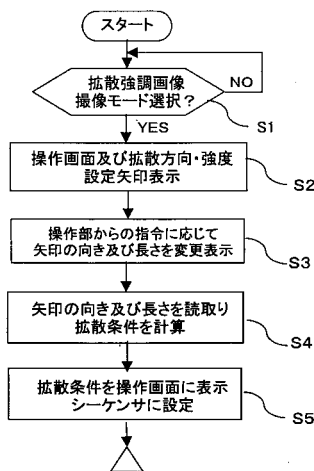
【図 9】拡散条件の詳細な設定画面の 1 例を示す図である。

【符号の説明】

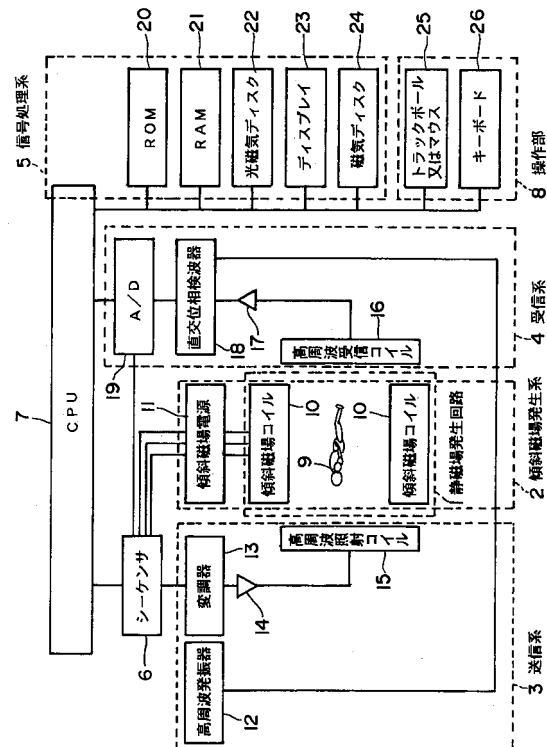
- 1 静磁場発生回路
- 2 傾斜磁場発生系
- 3 送信系
- 4 受信系
- 5 信号処理系
- 6 シーケンサ
- 7 CPU
- 8 操作部
- 10 傾斜磁場コイル
- 15 高周波照射コイル
- 16 高周波受信コイル

10

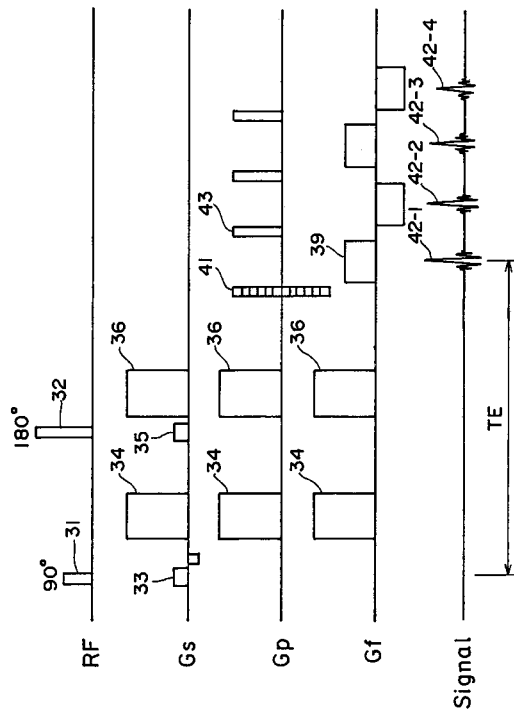
【図 1】



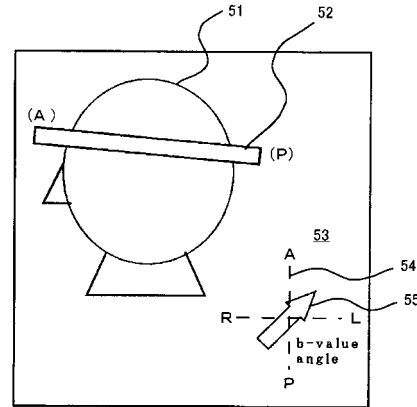
【図 2】



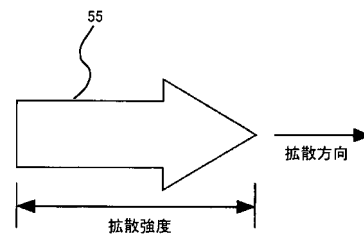
【図 3】



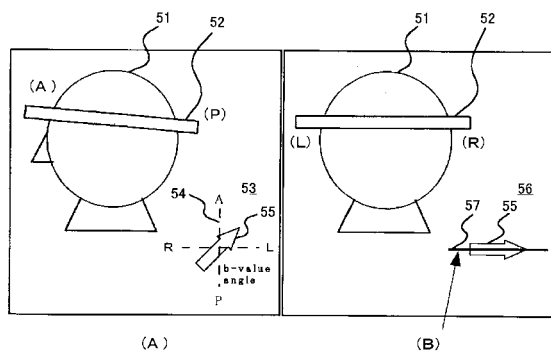
【図 4】



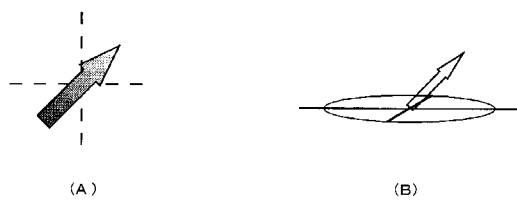
【図 5】



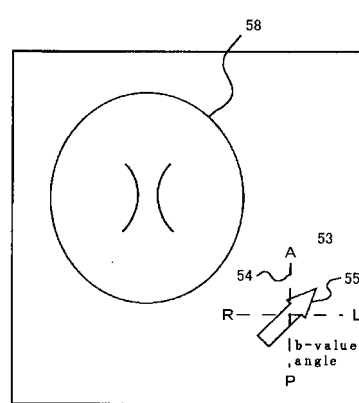
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【図 9】

X	<input type="text" value="0"/>	mT/m
Y	<input type="text" value="0"/>	mT/m
Z	<input type="text" value="0"/>	mT/m
b-value	<input type="text" value="0"/>	
MPG Pattern	<input type="text" value=""/>	



---

フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

A61B 5/055