

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4344180号
(P4344180)

(45) 発行日 平成21年10月14日 (2009. 10. 14)

(24) 登録日 平成21年7月17日 (2009. 7. 17)

(51) Int. Cl.

F I

A 6 1 B 5/055 (2006. 01)

A 6 1 B 5/05 3 5 5

G O 1 R 33/34 (2006. 01)

A 6 1 B 5/05 3 7 O

G O 1 R 33/48 (2006. 01)

A 6 1 B 5/05 3 1 1

G O 1 R 33/28 (2006. 01)

G O 1 N 24/04 5 2 O A

G O 1 N 24/08 5 1 O Y

請求項の数 8 (全 12 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2003-183823 (P2003-183823)
 (22) 出願日 平成15年6月27日 (2003. 6. 27)
 (65) 公開番号 特開2004-41729 (P2004-41729A)
 (43) 公開日 平成16年2月12日 (2004. 2. 12)
 審査請求日 平成18年6月22日 (2006. 6. 22)
 (31) 優先権主張番号 10/185, 211
 (32) 優先日 平成14年6月28日 (2002. 6. 28)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 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・5 3
 1 8 8・ワウケシャ・ノース・グランドヴ
 ユー・ブルバード・ダブリュー・7 1 0
 ・3 0 0 0
 (74) 代理人 100137545
 弁理士 荒川 聡志
 (74) 代理人 100105588
 弁理士 小倉 博
 (74) 代理人 100106541
 弁理士 伊藤 信和

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 スピン・プリパレーションのための磁場均一性の最適化を伴う、独立した複数のMR撮像ボリ
 ュームを同時収集するための技法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

M R イメージング・システムであって、

特定された第 1 の撮像ボリューム (R) から画像を収集する第 1 の R F コイル素子 (R F
 1、R F 2) と、

特定された第 2 の撮像ボリューム (L) から画像を収集する第 2 の R F コイル素子 (R F
 3、R F 4) と、

前記第 1 の撮像ボリューム (R) 全体にわたって磁場均一性を最適化するシム電流 (6 0
) を設定する手段と、

第 1 のスペクトル - 空間 R F パルスを用いて前記第 1 の撮像ボリューム (R) 内の脂肪組
 織からの磁化 (4 0) を選択的に反転させる手段と、

前記第 2 の撮像ボリューム (L) 全体にわたって磁場均一性を最適化するシム電流 (6 0
) を設定する手段と、

第 2 のスペクトル - 空間 R F パルスを用いて前記第 2 の撮像ボリューム (L) 内の脂肪組
 織からの磁化 (3 0) を選択的に反転させる手段と、

前記第 1 及び第 2 の撮像ボリューム (R、L) の両ボリューム (R、L) 内で磁化を同時
 に励起する手段と、

前記第 1 及び第 2 のボリューム (R、L) から同時に M R 信号を受け取る手段と、

前記第 1 の撮像ボリューム (R) からの M R 信号を再構成し、前記第 2 の撮像ボリューム
 (L) からの M R 信号を再構成する手段と、

10

20

スライス方向に S E N S E アルゴリズムを適用する手段と、
を含むシステム。

【請求項 2】

独立に規定した複数のボリュームから M R 撮像データを同時に収集する M R イメージング・システムであって、

特定された第 1 のサジタル・ボリューム (R) から画像を収集する R F コイル (R F 1、R F 2) と、

前記第 1 のサジタル・ボリューム (R) 全体にわたって磁場均一性を最適化するシム電流 (6 0) を設定する手段と、

第 1 のスペクトル - 空間 R F パルスを用いて前記第 1 のサジタル・ボリューム (R) 内の脂肪組織からの磁化 (4 0) を選択的に反転させる手段と、

特定された第 2 のサジタル・ボリューム (L) から画像を収集する R F コイル (R F 3、R F 4) と、

前記第 2 のサジタル・ボリューム (L) 全体にわたって磁場均一性を最適化するシム電流 (6 0) を設定する手段と、

第 2 のスペクトル - 空間 R F パルスを用いて前記第 2 のサジタル・ボリューム (L) 内の脂肪組織からの磁化 (3 0) を選択的に反転させる手段と、

前記第 1 及び第 2 のサジタル・ボリューム (R、L) の両ボリューム (R、L) 内で磁化を同時に励起する手段と、

一連のアルファ・パルス (6 4) を送出する手段と、

傾斜エコー (5 0) を位相エンコードして収集する手段と、

前記第 1 及び第 2 のボリューム (R、L) から同時に M R 信号を受け取る手段と、

スライス方向の S E N S E アルゴリズムを適用して前記 M R 信号を再構成する手段と、
を含み、

前記第 1 のサジタル・ボリューム (R) に対応する画像と前記第 2 のサジタル・ボリューム (L) に対応する画像が再構成される、システム。

【請求項 3】

患者 (1 0) の高分解能サジタル・ボリュームを同時収集する M R イメージングシステムであって、

特定されたサジタル・ボリューム (L、R) の各々から画像を収集する R F コイル (R F 1、R F 2、R F 3、R F 4) と、

各サジタル・ボリューム (L、R) 全体にわたって磁場均一性を最適化するシム電流 (6 0) を設定する手段と、

スペクトル - 空間 R F パルスを用いて各サジタル・ボリューム (L、R) 内の脂肪組織からの磁化 (3 0) を選択的に反転させる手段と、

前記第 1 及び第 2 のサジタル・ボリューム (R、L) の両ボリューム (R、L) 内で磁化を同時に励起する手段と、

一連のアルファ・パルス (6 4) を送出する手段と、

傾斜エコー (5 0) を位相エンコードして収集する手段と、

前記第 1 及び第 2 のボリューム (R、L) から同時に M R 信号を受け取る手段と、

スライス方向の S E N S E アルゴリズムを適用して前記 M R 信号を再構成する手段と、
を含み、

各サジタル・ボリュームに対応する画像が再構成される、システム。

【請求項 4】

前記パルスシーケンス (6 4) の開始前に前記シム電流 (6 0) が設定され、前記磁場均一性がスペクトル - 空間 R F パルスの影響を受ける、請求項 2 または 3 に記載のシステム。

【請求項 5】

前記シム設定 (6 0) は、脂肪組織の共鳴周波数が確実に反転パルスの帯域幅に限定されるように磁場均一性を最適化するように適用されている、請求項 1 - 4 のいずれかに記載

10

20

30

40

50

のシステム。

【請求項 6】

前記サジタル・ボリュームが乳房ボリューム（L、R）、頸動脈、肩関節、股関節、顎関節、分離した検体あるいは任意の臨床タイプの複数の標本である、請求項 3 に記載のシステム。

【請求項 7】

乳房ボリューム（L、R）、頸動脈、肩関節、股関節、顎関節、分離した検体、任意の臨床タイプの複数の標本を含むことがあるような 2 つのサジタル・ボリュームに対して同時に実施されている患者（10）からの MR 撮像データ収集のための MR イメージング・システムであって、

第 1 のスペクトル - 空間 RF パルスで第 1 の撮像ボリューム（R）内の脂肪組織からの磁化（40）を選択的に反転させる、前記第 1 のサジタル・ボリューム（R）から画像を収集する RF コイル（RF 1、RF 2）と、

前記第 1 のサジタル・ボリューム（R）全体にわたって磁場均一性を最適化するシム電流（60）を設定する手段と、

第 2 のスペクトル - 空間 RF パルスで第 2 の撮像ボリューム（L）内の脂肪組織からの磁化（40）を選択的に反転させる、前記第 2 のサジタル・ボリューム（L）から画像を収集する RF コイル（RF 3、RF 4）と、

一連のアルファ・パルス（64）を用いて、前記第 1 及び第 2 のサジタル・ボリューム（R、L）の両ボリューム（R、L）内で磁化を同時に励起する手段と、

第 1 ボリューム用コイル（RF 1、RF 2）が第 1 のボリューム（R）のみから信号を受け取り、かつ第 2 ボリューム用コイル（RF 3、RF 4）が第 2 のボリューム（L）のみから信号を受け取るように前記 RF コイルを十分にデカップリングさせる手段と、

前記第 1 及び第 2 のボリューム（R、L）から同時に MR 信号を受け取る手段と、

前記 MR 信号を再構成する手段と、

前記第 1 のサジタル・ボリューム（R）のみに対応する画像と前記第 2 のサジタル・ボリューム（L）のみに対応する画像が再構成される、システム。

【請求項 8】

乳房ボリューム（L、R）、頸動脈、肩関節、股関節、顎関節、分離した検体、任意の臨床タイプの複数の標本を含むことがあるような 2 つのサジタル・ボリュームに対して同時に実施されている患者（10）からの MR 撮像データ収集のための MR イメージング・システムであって、

特定された第 1 のサジタル・ボリューム（R）から画像を収集する 1 つまたは複数の RF コイル素子（RF 1、RF 2）と、

第 1 のスペクトル - 空間 RF パルスで磁化された第 1 の撮像ボリューム（R）内の脂肪組織に対して反転した第 2 のサジタル・ボリューム（R）から画像を収集する 1 つまたは複数の RF コイル素子（RF 1、RF 2）と、

前記第 1 のサジタル・ボリューム（R）全体にわたって磁場均一性を最適化するシム電流（60）を設定する手段と、

第 2 のスペクトル - 空間 RF パルス（62）を用いて第 2 のサジタル・ボリューム（L）内の脂肪組織からの磁化を選択的に反転させる手段と、

前記第 2 の撮像ボリューム（L）全体にわたって磁場均一性を最適化するシム電流（60）を設定する手段と、

一連のアルファ・パルス（64）を用いて、前記第 1 及び第 2 のサジタル・ボリューム（R、L）の両ボリューム（R、L）内で磁化を同時に励起する手段と、

脂肪組織の縦磁化（30、40）を回復させる手段と、

第 1 ボリューム用素子（RF 1、RF 2）が第 1 のボリューム（R）のみから信号を受け取り、かつ第 2 ボリューム用素子（RF 3、RF 4）が第 2 のボリューム（L）のみから信号を受け取るように前記 RF コイルを十分にデカップリングさせる手段と、

MR 信号を再構成する手段と、を含むと共に、

10

20

30

40

50

第1のボリューム(R)だけに対応した画像と第2のボリューム(L)だけに対応した画像とを再構成するシステム。

【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(MR)データ収集に関する。本発明は、さらに詳細には、関心対象ボリュームを制限してMR検査中に複数の撮像ボリュームを同時収集するための方法に関する。

【0002】

【発明の背景】

MRイメージング・システムは、歳差運動する核磁気モーメントから検出した無線周波数(RF)信号に基づいて撮像ボリューム内にある患者その他の対象の画像を提供する。主マグネットは撮像ボリューム全体にわたる静磁場(すなわち、 B_0 磁場)を発生させる。同様に、MRイメージング・システム内の傾斜コイルを用いることによって、 B_0 静磁場内で互いに直交するx、y、z座標方向の磁気ラジアン스가MR撮像データ収集サイクルの選択した部分の間で迅速に有効に切り替えられている。その間に、RFコイルが、撮像ボリューム内で B_0 磁場と直角方向に B_1 磁場と呼ぶRF磁場パルスが発生させ原子核を励起させる。これにより原子核は、共鳴RF周波数で軸の周りで歳差運動するように励起を受ける。歳差運動が横断面に発生すると、磁化の横断成分は何らかの外部回路(典型的には、受信器)と磁氣的に結合する。これらの送信器及び受信器の結合機構は共にRFコイルと呼ぶ。

【0003】

RFアンテナまたはコイルは、ラーモア周波数及び傾斜磁場の存在により規定される周波数帯域内でチューニングさせかつ共振させている。RFコイルの占有率(fill factor)は、所与のRFコイルに対する感度のボリュームと規定される。一般にRFコイルは、より大きなボリュームに起因する不要なノイズ感度を排除するため対象によって完全に占有させる必要がある。この占有率は極めて重要であり、信号対雑音比(SNR)に反比例する。送信コイルや全身用コイルは、そのシステムの規定に従って、全撮像域(FOV)にわたって均一な感度をもつように設計する。この設計によってボリュームの大小によらず撮像の柔軟性を得ることができる。

【0004】

複数のボリュームを関心対象とする場合、現在の大部分のMRイメージング技法では連続した別々の収集が必要となる。本発明は、RFコイル素子群の各々においてある特定の関心対象ボリュームに対する感度がこれ以外のボリュームに対する感度と比べてより高いような様々なRFコイル素子群から別々の関心対象ボリュームを同時収集するための技法を述べたものである。

【0005】

複数のボリュームを関心対象とする場合で造影剤注入に続いて造影剤を用いた臨床検査をするには、現在利用可能な3次元傾斜エコー技法では、ボリュームを順次撮像すること、あるいはこれらの領域全部を包含するような十分に大きなボリュームを指定することが必要となる。第1の選択肢では、各ボリュームに対して異なる造影剤特性が生じると共に、より後から収集したボリュームで重要な初期造影剤取り込み情報が失われる可能性がある。第2の選択肢では、検査の空間分解能が損なわれると共に、関心領域が互いに接近していない場合に非効率なデータ収集方法となる。さらに、造影剤が取り込まれた部位の明瞭度を向上させるために脂肪からの信号の抑制が必要となることが多いため、より大きなボリュームを使用すると、主磁場補正技法の有効性が大きなボリュームでは下がるため脂肪抑制が通常損なわれることになる。

【特許文献1】

米国特許第5804969号

【0006】

10

20

30

40

50

【発明が解決しようとする課題】

別々のボリュームから高分解能画像を同時収集することが望ましい臨床応用の一例はMR乳房イメージングである。目下のところ、この問題に対するアプローチは、左と右の乳房に対応する2つのサジタル・ボリュームを連続して別々に収集するアプローチ、あるいは、両乳房を包含するアキシャルまたは कोरोナルの単一ボリュームを収集するアプローチのいずれかである。乳房イメージングでは、サジタル方向でその画像がマンモグラフィとより適切に相関するためサジタル方向が好ましく、かつこの方向において撮像するボリュームを乳房組織で最も効率よく占有することができる。両乳房を包含するようなアキシャルまたは कोरोナルのボリュームを使用すると、画像の空間分解能が損なわれると共に、2つの乳房間の何もない空間に対するデータも収集する必要があるため非効率となる。さらに、1つの大きなFOVによって両乳房を同時に撮像する場合、適用する主磁場の均一性補正（シム電流）は両ボリュームに関して同じ1つの値を設定することになり、脂肪抑制の質を低下させる不利益が生じる。脂肪抑制の質は、対応するスピン・プリパレーションの間に左と右の乳房に対してそれぞれ最適化した2種類のシム電流組を用いることによって改善される可能性がある。本発明は、2つのサジタル・ボリュームを同時収集するための方法を提供すると共に、両ボリュームの全体にわたって脂肪抑制の質（あるいは、その他のスピン・プリパレーション）を最適化するための技法も組み込んでいる。

10

【0007】**【課題を解決するための手段】**

本明細書に記載したMR撮像パルスシーケンスは、複数の独立に規定したボリュームから同時にデータ収集する一方で、磁化プリパレーションと該収集のうちのデータ収集部分の両方の間で最適化した磁場均一性を提供するための方法を提供する。2つのボリュームの同時収集に関して、本発明は一方で（空間分解能及び信号対雑音比すなわちSNRを維持しながら）連続式収集と比較してスキャン時間を半分程度に短縮させるために使用されることがある。また別法として、本発明は、単一ボリュームの撮像手順と比較して、約10%の収集時間延長によって空間分解能を2倍に増大させるために使用することができる。

20

【0008】

本発明の方法は、別々の関心対象ボリュームのうちの1つに対する個別のRFコイル素子の感度がそれ以外のボリュームに対する感度と比べてより高感度であるような多重素子アレイコイルを使用することに依拠している。乳房イメージングの例において可能性のある想定の一つでは、左乳房からの信号に対して最も高感度となるように設計した2つのコイル素子と、右乳房からの信号に対して最も高感度となるように設計した2つのコイル素子と、を有している。本発明は、脂肪抑制を最適化しながら、左右の乳房に対応する2つの別々のサジタル撮像ボリュームの同時収集を可能するような最適化パルスシーケンス及び再構成技法からなる方法である。

30

【0009】**【発明の実施の形態】**

本発明の全般的な態様では、本明細書に記載したMR撮像パルスシーケンスによって、複数の独立に規定したボリュームから同時にデータ収集する一方で、磁化プリパレーションと該収集のうちのデータ収集部分の両方の間で最適化した磁場均一性を提供するための方法を提供する。2つのボリュームの同時収集に関して、本発明の方法は一方では、同じ2つのボリュームの連続式収集と比較してスキャン時間を概ね半分に短縮させるために使用することができる。この短縮は空間分解能及びSNRを維持したまま達成させている。したがって、本方法は別法として、単一ボリュームの撮像手順と比較して、約10パーセントの収集時間延長によって空間分解能を2倍に増大させるために使用することができる。本発明の方法は、別々の関心対象ボリュームのうちの1つに対する個々のRFコイル素子の感度がそれ以外のボリュームに対する感度と比べてより高感度であるような多重素子アレイコイルの使用に依拠している。

40

【0010】

乳房イメージングに應用している本発明のより具体的な態様では、本発明は、左と右の乳

50

房に対して高分解能サジタル・ボリュームを同時に収集することができる。本方法によれば、造影剤の取り込み特性に対する収集の適切なタイミングが可能となり、両乳房を一体としたアキシャルまたはコロナルのボリュームの場合と比較して、スキャン時間の増加なしに空間分解能が概ね2倍になる。本方法はさらに、両乳房を包含した単一ボリュームを使用して収集した画像と比べて脂肪抑制を改善させる技法を組み込んでいる。乳房イメージングでは、3次元シーケンスにおいて化学的脂肪飽和を実施するのに非常に長い収集時間を要するため、脂肪組織からの信号をヌル (n u l l) にするにはスペクトル選択式反転回復ベースのシーケンスが好ましい。これによって、時刻 $t = 0$ で脂肪がヌルであるような $C h e m s a t$ と異なり操作者が脂肪をヌルにする時点を制御することができ、これによって、シーケンス設計の柔軟性がより高くなる。乳房イメージングでは、こうしたより大きな柔軟性を利用することで、1つの脂肪抑制パルスごとに収集できる k 空間線の本数を増加させることによって全体の収集時間を短縮させることができる。本発明は、ボリューム選択式脂肪反転パルスの間で各ボリュームに対するシム設定の個別の最適化を提供すると共に、パルスシーケンスのデータ収集部分では平均シム設定を使用している。このシーケンスのデータ収集部分では、シーケンスのスピン・プリパレーション部分と比べて主磁場均一性に対する要件の厳格さがより低い。

【0011】

本発明の方法の具体的な実現形態を乳房イメージングに応用するようにして開示しているが、頸動脈、肩関節、股関節、顎関節、分離した検体あるいは複数のボリュームの同時収集が望ましい複数の標本に対する撮像を含めその他の臨床応用も可能であることを理解すべきである。

【0012】

上で示唆したように、本発明の方法は、別々の関心対象ボリュームのうちの1つに対する個々のRFコイル素子の感度がそれ以外のボリュームに対する感度と比べてより高感度であるような多重素子アレイコイルの使用に依拠している。乳房イメージングの例において可能性のある想定の一つでは、左乳房からの信号に対して最も高感度となるように設計した2つのコイル素子と、右乳房からの信号に対して最も高感度となるように設計した2つのコイル素子と、を有している。脂肪抑制を最適化しながら、左右の乳房に対応する2つの別々のサジタル撮像ボリュームを同時収集するような最適化パルスシーケンス及び再構成技法を利用することが可能である。

【0013】

ここで、同じ番号を付した要素が図面全体を通じて同じ要素を表している図面を詳細に参照すると、図1は、左乳房L及び右乳房Rからサジタル画像ボリュームを同時収集するように本発明に適合したRFコイル素子の可能な配列の1つを表している。コイル素子RF1及びRF2は主に右乳房Rに対して感度が高い。コイル素子RF3及びRF4は主に左乳房Lに対して感度が高い。この特性を利用すると左と右の乳房L、Rに対応した2つの独立したサジタル・ボリュームを単一収集から再構成することができる。コイル素子RF1、RF2、RF3、RF4は平坦な表面コイルとして図示しているが、コイル素子に関して本発明の方法がこの幾何学配置の使用に限定されないことを理解すべきである。コイル素子の各々は一方の乳房に対する感度がもう一方に対する感度と比べてより高くすることだけが必要である。さらに、本発明の方法は、1つの乳房またはボリュームごとのコイル素子を2つのみに限定するものではないこと、さらに各乳房またはボリュームに対して必要となるコイル素子の数も同じとは限らないことを理解すべきである。

【0014】

ここで図2～6を参照すると、本発明の具体的な実現形態の1つを乳房イメージングに関して図示している。図のように、患者10は寝台20上で腹臥位の姿勢をとっており、寝台20はこの姿勢での乳房イメージングを可能にするように特に利用している。一方のボリュームが患者の左乳房Lに対応し、かつもう一方のボリュームが患者の右乳房Rに対応するように2つの独立したサジタル・ボリュームが規定される。別法として、左と右のボリュームの医学的境界を決めるように定義した基準点を用いて両乳房を包含するような肉

10

20

30

40

50

厚の単一サジタル・ボリュームを規定することも可能である。図2では、以下のパルスシーケンス記述に関する論理傾斜軸の向きを示している。スライス・エンコード軸はL/R方向であり、かつ面内軸(in-plane axes)はS/I方向とA/P方向であるが、周波数軸はA/PまたはS/Iのいずれかとすることができる。

【0015】

ここで図3を参照すると、本処理の第1ステップを模式的に表している。この第1ステップでは、スペクトル・空間RFパルスを用いて左乳房Lの脂肪による磁化30を選択的に反転させている。このRFパルスの印加中に、左乳房L全体にわたる磁場均一性を最適化させるようにシム電流を設定する。左乳房Lに対する最適化シム電流は、パルスシーケンスの開始前に決定できると共に、線形シムコイル(すなわち、傾斜コイル)に対してだけでなく、そのシステムに関する任意の高次シムコイルに対しても印加することができる。この方式では、その磁場均一性はスペクトル・空間反転パルスによる影響を受けるボリューム全体にわたって最適化される。これにより、両乳房L、Rを包含するより大きな単一ボリュームに対する磁場均一性を平均シム設定を用いて最適化させようとする場合と比べて、脂肪抑制の均一性が改善される。

【0016】

図4は、本発明の処理の次のステップを模式的に表している。左乳房Lの脂肪による磁化30の反転に続いて、第2のスペクトル・空間RFパルスを印加して右乳房Rの脂肪による磁化40を選択的に反転させる。このパルスの印加中は、右乳房ボリュームに対して磁場均一性を最適化させるようなシム設定を適用する。第2の反転パルスのフリップ角は第1の反転パルスで使用したフリップ角より小さくし、左と右の乳房L、Rの両方からの縦方向脂肪磁化30、40が確実に同時点でヌルに到達するようにする。さらに、本発明の方法は、どちらのボリュームの磁化を最初に反転させるかによって制約されるものでないことに言及する必要がある。したがって、必ずしも左乳房Lを最初に反転させる必要はない。

【0017】

図5は、次のステップを模式的に表している。縦方向脂肪磁化の回復の間において、一連のアルファ・パルスを送出し、さらに傾斜エコーを位相エンコードして収集する(50)。これらのアルファ・パルスは両乳房L、R内で磁化を同時に励起させている。本明細書に記載したこの具体例では、そのアルファ・パルスをスラブ選択式とし、そのスラブが両乳房L、Rを包含するようにしている。しかし、乳房コイルの上にある身体から信号が励起されないように、代わりにコロナルのスラブを使用することも可能である。別法として、収集時間を短縮するため非選択式のアルファ・パルスを使用することも可能である。

【0018】

ここで図6を参照すると、本方法の次のステップを模式的に表している。図3～5及び図7に示すように、このパルスシーケンスは、左乳房Lから(すなわちボリュームV'及びV"から)の信号が右乳房Rに対応した所望のボリュームVに折り返されるような方式によって磁化をエンコードしている。この方式は「励起FOV」の大きさに対して「受信FOV」の大きさを小さくすることによって達成させている。このことは具体的には、そのアルファ・パルスが両乳房を包含する大きなボリュームを励起するように設計されているが、位相エンコード及び信号受信は単一乳房に対応したこれより小さいボリュームからエンコード及び受信を行うように設計されていることを意味する。これにより、反対側の乳房からの折返し信号がこのより小さい受信ボリュームに戻される結果となる。コイル素子RF1及びRF2は右乳房Rに対してより高感度でありかつコイル素子RF3及びRF4は左乳房Lに対してより高感度であるということを利用することによって、左と右のサジタル・ボリュームに対する独立した再構成が可能となる。すなわち、このことによって、左と右の乳房からの信号に対する「折返しの展開(unalias)」が可能となる。左と右の乳房L、Rに対応したコイルが完全にデカップリングされていれば、すなわち素子RF1及びRF2が右乳房Rからのみ信号を受け取っていれば、チャンネルRF3及びRF4から分離してこれらのチャンネルからMR信号を再構成することができ、右乳房Rだ

10

20

30

40

50

けに対応したボリュームが得られる。左乳房Lに対応したボリュームは、チャンネルRF3及びRF4から再構成することができ、この際k空間データをフーリエ変換前に位相シフトすることによってその中心位置が、右乳房R向けに再構成するボリュームに関して制約を受けることがない。k空間領域での位相シフトは画像領域における平行移動に相当する。

【0019】

本発明者らの経験並びに現実的な状況では、コイル素子が完全にデカップリングされることを期待することはできない。各受信チャンネルにはコイル素子間の誘導性結合を介して反対側の乳房から常に何らかの信号が受信される。優れた画質を達成するにはこの信号を画像再構成の間に「デカップリング」する必要がある。この補正は、SENSE（すなわち、感度エンコーディング）再構成を通じて達成させることがある。SENSEは並列イメージング技法の一例である。並列イメージング技法とは、スキャン時間を短縮させるために個別のコイル素子の感度を利用しているような画像再構成技法である。SENSEアルゴリズムを適用してL/R方向（すなわち、この例ではスライス・エンコード方向）でコイル素子からの信号をデカップリングさせると、両乳房L、Rを包含する折返しを展開させた大きなボリュームの再構成が可能となる。スライス・エンコード方向がL/R方向であるため、乳房同士の間（すなわち、所望の各L及びRのボリュームの外側）にある空間に対応するスライスを棄却し、2つの所望のサジタル・ボリュームを残すことができる。

10

【0020】

ここで図7を参照すると、2つの独立した撮像域から同時に画像収集するためのパルスシーケンス・タイミング図を表している。本明細書に記載した乳房イメージングの応用では、論理スライス方向は物理x軸、すなわちマグネットの左右方向である。スペクトル-空間パルスを用いると先ず左L乳房において次に右乳房Rにおいて脂肪磁化30、40を選択的に反転することができる。実効シム（Effective Shim）60は、目的とするボリューム全体にわたって B_0 均一性を改善させるように任意の数のシムコイルの組み合わせの正味の合計である。左ボリュームに関してこの実効シム60とスペクトル-空間RFパルス $L62$ を連携させることによって、左ボリュームからの脂肪組織が部分的に反転される。次いで右ボリュームに関して、適当なシム設定によりこれを反復する。一連のスラブ選択パルス64の間では、その実効シムはこの2つの最適化シム設定の平均となる。

20

30

【0021】

ここで図8を参照すると、乳房イメージングを例として定常状態収集中の脂肪組織の縦磁化の時間的経過を表している。 L と R の間の時間は誇張してあるが、これは表示のみを目的としたものである。各ボリュームが確実に同じ組織コントラストを有するようにするため、フリップ角 L 及び R は、脂肪組織の T_1 、飽和 TR 、パルスのフリップ角、撮像 TR 、パルス列の長さ（ N ）、並びに回復期間内のk空間中心線の位置（すなわち、一連のパルス内で脂肪組織のヌル点が生じる位置）によって決定している。

【0022】

本明細書に記載したMR撮像パルスシーケンスは、複数の独立に規定したボリュームから同時にデータ収集する一方で、磁化プリパレーションと該収集のうちのデータ収集部分の両方の間で最適化した磁場均一性を提供するための方法を提供する。この収集方法は複数の撮像ボリュームの同時取得が望ましいような任意の臨床応用に適用することができる。本発明の再構成部分では、必ずしも最適化したスピン・プリパレーションを必要としない。本明細書に記載した具体例の1つは、各ボリュームごとに脂肪抑制を最適化して2つのボリュームを同時に取得することが重要であるような乳房イメージングである。本例はさらに、造影剤注入後に両側の頸動脈に対するより高分解能の画像を同時に提供するため、あるいは肝臓や骨盤部の造影剤後検査を同時に得るために使用することが可能である。

40

【0023】

このシーケンスを製品として実現させるMR事業の直接的利点は、造影剤が注入される幾

50

つかの重要な臨床応用で著しい改善が得られることであることである。目下のところ、これに匹敵する製品を提供しているベンダーは他にはいない。同時乳房イメージングのこの具体例によれば、乳がんの発症に関して高リスクの個体で乳がんのスクリーニングをするため、あるいは以前一方の乳房にがんが発見されたことがある患者の反対側の乳房に対してスクリーニングをするための最適な方法を提供できるため、この具体例は重要である。目下のところ、MR以外のイメージング様式で、これらの個体の疾病に感受性が高い様式は他にない。

【0024】

本明細書に記載した具体例では乳房の脂肪抑制のために反転パルスを使用することを記載しているが、シム設定を最適化させたChemsatパルスを代わりに使用することも可能である。実際に、本方法はプリパレーションの間で高い磁場均一性が望ましいような任意のプリパレーション・パルスに関して最適化したシム設定を提供するために使用することができる。

10

【0025】

本発明に関する利用可能な方法の別の具体例は、大きなボリュームで脂肪抑制の質を改善させるための方法である。複数のボリューム間の間隔がゼロである（すなわち、これらのボリュームが隣り合っている）ような特定の場合では、スペクトル - 空間パルスを使用することによって、シム設定を最適化させようとする隣接ボリューム内で脂肪を選択的に反転することが可能である。磁化率傾斜が大きい場合でボリュームがより小さければ（例えば、肺の近傍や副鼻腔の近傍などでは）マグネットの磁場均一性の最適化はより容易になる場合が多い。

20

【図面の簡単な説明】

【図1】左右の乳房からサジタル画像ボリュームを同時に収集するように本発明と適合させたRFコイル素子の可能な配置の1つを表した模式図である。

【図2】本発明の乳房イメージング向けの具体的な一実現形態の正面図である。

【図3】スペクトル - 空間RFパルスを使用した左乳房内の脂肪による磁化の選択的反転を表した模式図である。

【図4】第2のスペクトル - 空間RFパルスを使用した右乳房内の脂肪による磁化の選択的反転を表した模式図である。

【図5】アルファ・パルスを用いた両乳房の磁化の励起を表している模式図である。

30

【図6】右左の乳房に関するボリュームの再構成を表した模式図である。

【図7】2つの独立した撮像域を同時に画像収集するためのパルスシーケンス・タイミング図である。

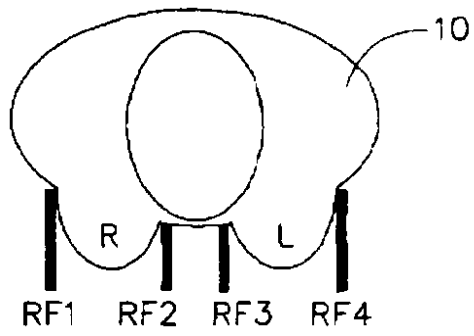
【図8】図1～7に示す乳房イメージングの例について、定常状態収集の間における脂肪組織の縦磁化の時間的経過を表した図である。

【符号の説明】

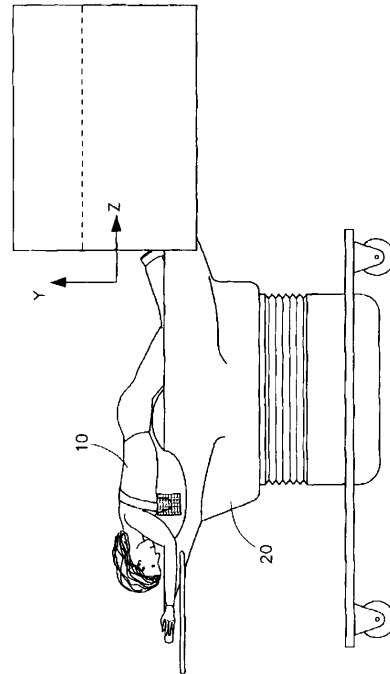
- 10 患者
- 20 寝台
- 30 磁化
- 40 磁化
- 60 実効シム
- 62 スペクトル - 空間RFパルス
- 64 アルファ・パルス
- RF1～RF4 コイル素子

40

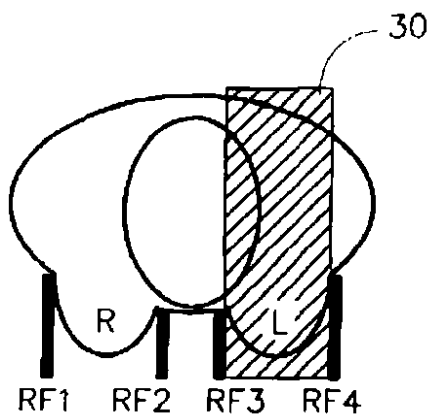
【図 1】



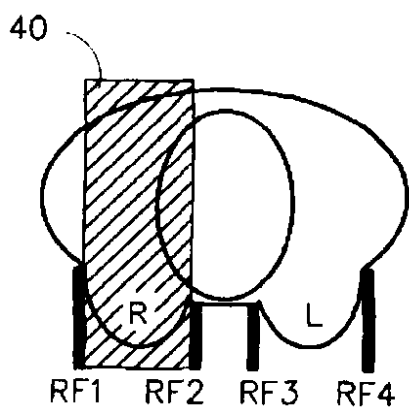
【図 2】



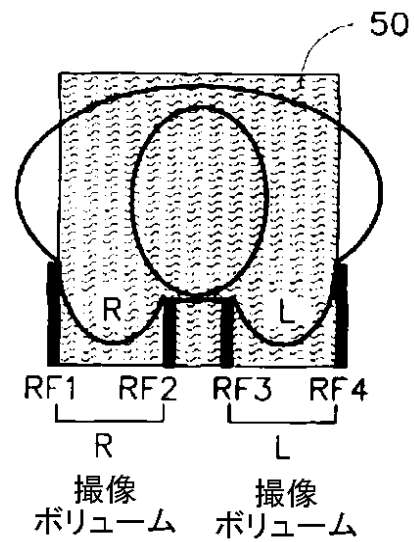
【図 3】



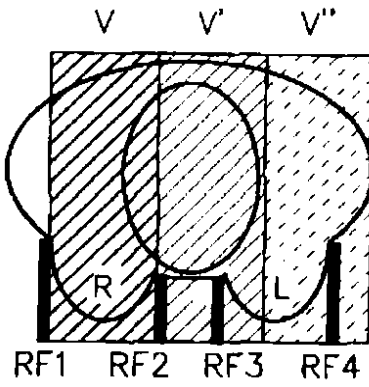
【図 4】



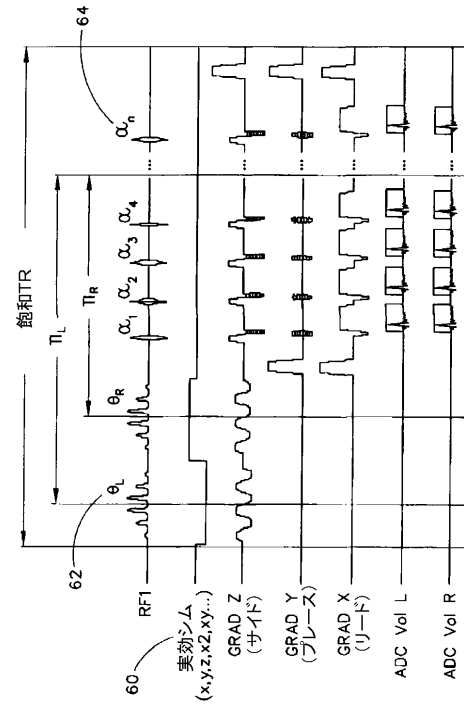
【図 5】



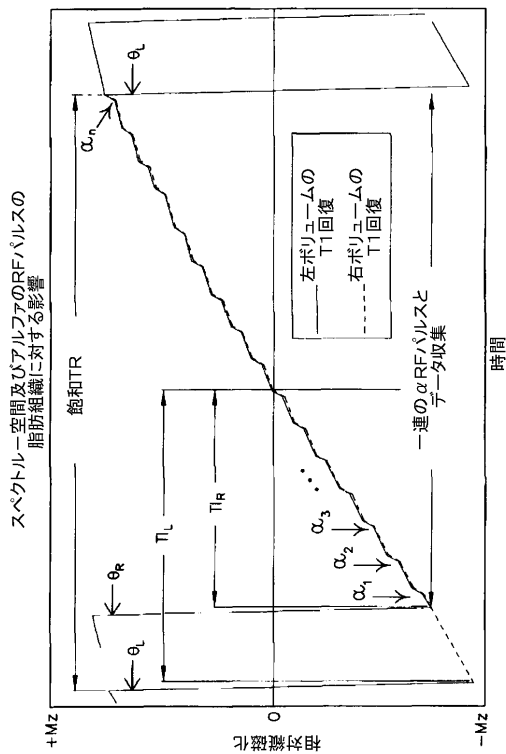
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

A 6 1 B 5/05 3 8 3

G 0 1 N 24/02 B

(72)発明者 バルデブ・エス・アールワリア

アメリカ合衆国、ウィスコンシン州、ミルウォーキー、ノース・９５ティール・ストリート、
２５１１番

(72)発明者 シンシア・エフ・マイアー

アメリカ合衆国、ウィスコンシン州、ミルウォーキー、ノース・９５ティール・ストリート、
２５１１番

(72)発明者 エリザベス・シー・アングロス

アメリカ合衆国、ウィスコンシン州、ハートランド、パークビュー・ストリート、９２３番

審査官 伊藤 幸仙

(56)参考文献 実開昭６２－１７０００７（ＪＰ，Ｕ）

欧州特許出願公開第１３７６１４６（ＥＰ，Ａ２）

米国特許第７０３４５３０（ＵＳ，Ｂ２）

R.L.Greenman, R.E.Leninski, M.D.Schnall, "Bilateral imaging using separate interleaved 3D volumes and dynamically switched multiple receive coil arrays", Magnetic Resonance in Medicine, 1998年 1月, Vol.39, No.1, p108-p115

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 5/055