

【公報種別】特許公報の訂正

【部門区分】第1部門第2区分

【発行日】令和4年6月3日(2022.6.3)

【特許番号】特許第7059189号(P7059189)

【登録日】令和4年4月15日(2022.4.15)

【特許公報発行日】令和4年4月25日(2022.4.25)

【年通号数】登録公報(特許)2022-072

【出願番号】特願2018-541247(P2018-541247)

【訂正要旨】特許権者の住所の誤載により、下記のとおり全文を訂正する。

10

【国際特許分類】

A 6 1 B 5/055(2006.01)

【F I】

A 6 1 B 5/055 3 1 1

A 6 1 B 5/055 3 7 6

A 6 1 B 5/055 Z D M

【記】別紙のとおり

20

30

40

50

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7059189号

(P7059189)

(45)発行日 令和4年4月25日(2022.4.25)

(24)登録日 令和4年4月15日(2022.4.15)

(51)国際特許分類

A 6 1 B 5/055(2006.01)

F I

A 6 1 B 5/055 3 1 1

A 6 1 B 5/055 3 7 6

A 6 1 B 5/055 Z D M

請求項の数 13 (全19頁)

(21)出願番号	特願2018-541247(P2018-541247)	(73)特許権者	590000248
(86)(22)出願日	平成29年2月6日(2017.2.6)		コーニンクレッカ フィリップス エヌ
(65)公表番号	特表2019-512282(P2019-512282		ヴェ
	A)		Koninklijke Philips
(43)公表日	令和1年5月16日(2019.5.16)		N.V.
(86)国際出願番号	PCT/EP2017/052481		オランダ国 5 6 5 6 アーヘー アイン
(87)国際公開番号	WO2017/137333		ドーフエン ハイテック キャンパス 5
(87)国際公開日	平成29年8月17日(2017.8.17)	(74)代理人	110001690
審査請求日	令和2年2月3日(2020.2.3)		特許業務法人M&Sパートナーズ
(31)優先権主張番号	16154766.6	(72)発明者	アムソー トーマス エリック
(32)優先日	平成28年2月9日(2016.2.9)		オランダ国 5 6 5 6 アーヘー アイン
(33)優先権主張国・地域又は機関	欧州特許庁(EP)		ドーフエン ハイ テック キャンパス ビ
			ルディング 5
		(72)発明者	コーケン ピーター
			オランダ国 5 6 5 6 アーヘー アイン
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 定常状態磁気共鳴フィンガープリンティング

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

測定ゾーン内の被検体から磁気共鳴データを取得するための磁気共鳴イメージングシステムであって、前記磁気共鳴イメージングシステムは、
前記磁気共鳴イメージングシステムを制御するためのプロセッサと、
マシン実行可能命令及びパルスシーケンスコマンドを記憶するためのメモリとを含み、
前記パルスシーケンスコマンドが、磁気共鳴フィンガープリンティングプロトコルに従って前記磁気共鳴データを取得するように前記磁気共鳴イメージングシステムを制御し、前記パルスシーケンスコマンドが、RFパルス列を生成するように前記磁気共鳴イメージングシステムを制御し、前記パルスシーケンスコマンドが、前記磁気共鳴データを複数のk空間トレースとして取得するように前記磁気共鳴イメージングシステムを制御し、前記パルスシーケンスコマンドが、前記複数のk空間トレースの各々の前記取得のために繰り返されるべき前記RFパルス列を制御し、前記マシン実行可能命令によって、前記プロセッサが、
パルスシーケンスコマンドで前記磁気共鳴イメージングシステムを制御することによって、
磁気共鳴データの前記複数のk空間トレースを順次取得することと、
初期に取得される所定の数のk空間トレースが取得された後でのみ、前記k空間トレースを定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリと比較することであって、
前記所定の数のk空間トレースが取得された後、磁化は平衡状態に達する、当該比較することと、

前記複数の k 空間トレースのうちの前記所定の数の k 空間トレースが取得された後に取得される k 空間トレースに対する所定の物質のセットの各々の存在量を計算することとを実行させ、所定の物質のセットの各々の前記存在量が、前記磁気共鳴データを前記定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリと比較することによって決定され、前記定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリが、所定の物質のセットに対して前記 RF パルス列にตอบสนองして計算された磁気共鳴信号のリストを含み、前記所定の数の k 空間トレースが、決定されるべき個々のディクショナリエントリの T_1 値及び T_2 値に動的に適合される、磁気共鳴イメージングシステムにおいて、前記マシン実行可能命令の実行によって、前記プロセッサは、前記定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリの計算の間に前記所定の数を決定し、前記所定の数が、前記定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリの前記計算の間に生成されたシミュレート磁気共鳴データの収束を決定する収束基準を使用して決定される、磁気共鳴イメージングシステム。

10

【請求項 2】

前記マシン実行可能命令の実行によって、前記プロセッサが、前記所定の数の k 空間トレースを廃棄する、請求項 1 に記載の磁気共鳴イメージングシステム。

【請求項 3】

前記パルスシーケンスコマンドが、各 RF パルス列の間の最大遅延で前記 RF パルス列を繰り返すように前記磁気共鳴イメージングシステムを制御し、前記最大遅延が、5 秒未満、1 秒未満、0.5 秒未満、0.1 秒未満、0.05 秒未満、及び 0.00 秒未満のうちのいずれかである、請求項 1 又は 2 に記載の磁気共鳴イメージングシステム。

20

【請求項 4】

前記磁気共鳴イメージングシステムがメイン磁場をもつ磁石を含み、前記メイン磁場が、前記測定ゾーン内に平均の磁場の大きさを有し、前記マシン実行可能命令の実行によって、前記プロセッサが、各 RF パルス列を、前記平均の磁場の大きさにおける前記所定の物質のセットの最大 T_1 時間の 5 倍、前記平均の磁場の大きさにおける前記所定の物質のセットの最大 T_1 時間の 1 倍、前記平均の磁場の大きさにおける前記所定の物質のセットの最大 T_1 時間の 0.5 倍、及び前記平均の磁場の大きさにおける前記所定の物質のセットの最大 T_1 時間の 0.1 倍のうちのいずれかよりも速く繰り返す、請求項 1 又は 2 に記載の磁気共鳴イメージングシステム。

30

【請求項 5】

前記マシン実行可能命令の実行によって、更に、前記プロセッサが、前記定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリを計算する、請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の磁気共鳴イメージングシステム。

【請求項 6】

前記マシン実行可能命令の実行によって、更に、前記プロセッサが、前記所定の物質のセットの各々への前記 RF パルス列の繰り返し印加をモデリングすることによって前記定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリを計算する、請求項 5 に記載の磁気共鳴イメージングシステム。

【請求項 7】

前記パルスシーケンスコマンドが、 k 空間において前記複数の k 空間トレースを回転させること、ラジアルサンプリングを使用して前記複数の k 空間トレースを取得すること、デカルトサンプリングを使用して前記複数の k 空間トレースを取得すること、及び非デカルトサンプリングを使用して前記複数の k 空間トレースを取得することのうちのいずれかを実行するように、前記磁気共鳴イメージングシステムを制御する、請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の磁気共鳴イメージングシステム。

40

【請求項 8】

前記パルスシーケンスコマンドが、PROPELLER 磁気共鳴イメージングプロトコルに従って前記磁気共鳴データを取得するように前記磁気共鳴イメージングシステムを制御する、請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の磁気共鳴イメージングシステム。

50

【請求項 9】

前記パルスシーケンスコマンドが、前記複数の k 空間トレースを k 空間におけるスパイラルとして取得するように前記磁気共鳴イメージングシステムを制御する、請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の磁気共鳴イメージングシステム。

【請求項 10】

前記パルスシーケンスコマンドが、前記複数の k 空間トレースをデカルト k 空間におけるラインとして取得するように前記磁気共鳴イメージングシステムを制御する、請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の磁気共鳴イメージングシステム。

【請求項 11】

前記パルスシーケンスコマンドが、前記磁気共鳴データを、並列イメージング磁気共鳴イメージングプロトコル、SENSE 磁気共鳴イメージングプロトコル、及び GRAPPA 磁気共鳴イメージングプロトコルのうちのいずれかに従って取得するように前記磁気共鳴イメージングシステムを制御する、請求項 10 に記載の磁気共鳴イメージングシステム。

10

【請求項 12】

測定ゾーン内の被検体から磁気共鳴データを取得するように磁気共鳴イメージングシステムを制御するプロセッサによる実行のためのマシン実行可能命令を含むコンピュータプログラムであって、前記マシン実行可能命令によって、前記プロセッサが、

磁気共鳴フィンガープリンティングプロトコルに従って前記磁気共鳴データを取得するように前記磁気共鳴イメージングシステムを制御するためのパルスシーケンスコマンドで前記磁気共鳴イメージングシステムを制御することによって、磁気共鳴データの複数の k 空間トレースを順次取得することであって、前記パルスシーケンスコマンドが、RF パルス列を生成するように前記磁気共鳴イメージングシステムを制御し、前記パルスシーケンスコマンドが、前記磁気共鳴データを複数の k 空間トレースとして取得するように前記磁気共鳴イメージングシステムを制御し、前記パルスシーケンスコマンドが、前記複数の k 空間トレースの各々の前記取得のために繰り返されるべき前記 RF パルス列を制御する、当該取得することと、

20

初期に取得される所定の数の k 空間トレースが実行された後でのみ、前記 k 空間トレースを定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリと比較することであって、前記所定の数の k 空間トレースが取得された後、磁化は平衡状態に達する、当該比較することと、

30

前記複数の k 空間トレースのうちの前記所定の数の k 空間トレースが取得された後に取得される k 空間トレースに対する所定の物質のセットの各々の存在量を計算することであって、所定の物質のセットの各々の前記存在量が、前記磁気共鳴データを前記定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリと比較することによって決定され、前記定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリが、所定の物質のセットに対して前記 RF パルス列に応答して計算された磁気共鳴信号のリストを含み、前記所定の数の k 空間トレースが、決定されるべき個々のディクショナリエントリの T_1 値及び T_2 値に動的に適合される、当該計算することとを行う、コンピュータプログラムにおいて、

前記マシン実行可能命令の実行によって、前記プロセッサは、前記定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリの計算の間に前記所定の数を決定し、前記所定の数が、前記定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリの前記計算の間に生成されたシミュレート磁気共鳴データの収束を決定する収束基準を使用して決定される、コンピュータプログラム。

40

【請求項 13】

測定ゾーン内の被検体から磁気共鳴データを取得するための磁気共鳴イメージングシステムを動作させる方法であって、前記方法は、

磁気共鳴フィンガープリンティングプロトコルに従って前記磁気共鳴データを取得するように前記磁気共鳴イメージングシステムを制御するためのパルスシーケンスコマンドで前記磁気共鳴イメージングシステムを制御することによって、磁気共鳴データの複数の k 空間トレースを順次取得するステップであって、前記パルスシーケンスコマンドが、RF パ

50

ルス列を生成するように前記磁気共鳴イメージングシステムを制御し、前記パルスシーケンスコマンドが、前記磁気共鳴データを複数の k 空間トレースとして取得するように前記磁気共鳴イメージングシステムを制御し、前記パルスシーケンスコマンドが、前記複数の k 空間トレースの各々の前記取得のために繰り返されるべき前記RFパルス列を制御する、当該取得するステップと、

初期に取得される所定の数の k 空間トレースが実行された後でのみ、前記 k 空間トレースを定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリと比較するステップであって、前記所定の数の k 空間トレースが取得された後、磁化は平衡状態に達する、当該比較するステップと、

前記複数の k 空間トレースのうちの前記所定の数の k 空間トレースが取得された後に取得される k 空間トレースに対する所定の物質のセットの各々の存在量を計算するステップであって、所定の物質のセットの各々の前記存在量が、前記磁気共鳴データを前記定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリと比較することによって決定され、前記定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリが、所定の物質のセットに対して前記RFパルス列にตอบสนองして計算された磁気共鳴信号のリストを含み、前記所定の数の k 空間トレースが、決定されるべき個々のディクショナリエントリの T_1 値及び T_2 値に動的に適合される、当該計算するステップと

を有する、方法において、

前記定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリの計算の間に所定の数を決定するステップを更に有し、前記所定の数が、前記定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリの前記計算の間に生成されたシミュレート磁気共鳴データの収束を決定する収束基準を使用して決定される、方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、磁気共鳴イメージング、特に、磁気共鳴フィンガープリンティングに関する。

【背景技術】

【0002】

磁気共鳴フィンガープリンティング(MRF)は、異なる材料又は組織からの信号が、測定された磁気共鳴(MR)信号に独自の寄与を有するように、時間的に分散したいくつかのRFパルスが印加される新しい技術である。設定された又は固定された数の物質からの事前計算された信号寄与の限られたディクショナリが、測定されたMR信号と比較され、単一のボクセル内で組成が決定され得る。例えば、ボクセルが水、脂肪、及び筋組織しか含まないことが分かっている場合、これらの3つの物質からの寄与しか考慮する必要がなく、ボクセルの組成を正確に決定するのにごくわずかのRFパルスしか必要とされない。

【0003】

磁気共鳴フィンガープリンティング技術は、Ma等による学術論文「Magnetic Resonance Fingerprinting」、Nature、495巻、187から193ページ、doi: 10.1038/Nature11971で紹介された。磁気フィンガープリンティング技術は、米国特許出願第2013/0271132A1号及び米国特許出願第2013/0265047A1号にも記載されている。米国特許出願第2015/0346300号は、同時マルチボリューム取得を用いて適用される磁気フィンガープリンティング(MRF)法を開示している。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明は、独立請求項に磁気共鳴イメージングシステム、コンピュータプログラム製品及び方法を提供する。実施形態は従属請求項に記載される。

【課題を解決するための手段】

【0005】

10

20

30

40

50

Ma等によるNatureの論文は、磁気共鳴フィンガープリンティングの基本的な考え方と、本明細書で「定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリ」又は「過渡共鳴フィンガープリンティングディクショナリ」と呼ばれるディクショナリなどのこの技術を説明するために使用される用語とを紹介している。「ディクショナリ」という用語は、ただ磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリだけを指すと理解されたい。

【0006】

磁気共鳴(MR)データは、本明細書では、磁気共鳴イメージングスキャン中に磁気共鳴装置のアンテナを使用して原子スピンによって発せられた無線周波数信号の記録された測定結果として定義される。磁気共鳴データは、医療画像データの一例である。磁気共鳴イメージング(MRI)画像は、本明細書において、磁気共鳴イメージングデータ内に含まれる解剖学的データの復元された2次元又は3次元視覚化であるとして定義される。この視覚化は、コンピュータを使用して実行され得る。

10

【0007】

一態様では、本発明は、測定ゾーン内の被検体から磁気共鳴データを取得するための磁気共鳴イメージングシステムを提供する。磁気共鳴イメージングシステムは、磁気共鳴イメージングシステムを制御するプロセッサを含む。磁気共鳴イメージングシステムは、マシン実行可能命令を記憶するメモリを更に含む。メモリは、パルスシーケンスコマンドを更に記憶するためのものである。パルスシーケンスコマンドは、磁気共鳴フィンガープリンティングプロトコルに従って磁気共鳴データを取得するように磁気共鳴イメージングシステムを制御するように構成される。本明細書で使用されるパルスシーケンスコマンドは、磁気共鳴イメージングプロトコルに従って磁気共鳴イメージングシステムを制御する命令又はコマンドに変換される命令又はデータのいずれかを含む。パルスシーケンスコマンドは、高周波パルス列を生成するように磁気共鳴イメージングシステムを制御するように構成される。パルスシーケンスコマンドは、磁気共鳴データを複数のk空間トレースとして取得するように磁気共鳴イメージングシステムを制御するように構成される。

20

【0008】

磁気共鳴イメージングにおいて、データは、所謂k空間でサンプリングされる。k空間トレースは、サンプリングされるk空間を通る経路である。デカルト空間でサンプリングされる場合、k空間トレースは、サンプリングされるk空間の所謂ラインを指す。パルスシーケンスコマンドは、複数のk空間トレースの各々の取得のために繰り返されるべき高周波パルス列を制御するように構成される。

30

【0009】

マシン実行可能命令の実行によって、プロセッサは、パルスシーケンスコマンドで磁気共鳴イメージングシステムを制御することによって、磁気共鳴データの複数のk空間トレースを順次取得する。マシン実行可能命令の実行によって、更に、プロセッサは、複数のk空間トレースのうちの初期に取得される所定の数のk空間トレースが取得された後に取得されるk空間トレースに対する所定の物質のセットの各々の存在量を計算する。所定の物質のセットの各々の存在量は、磁気共鳴データを定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリと比較することによって決定される。定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリは、所定の物質のセットに対してRFパルス列に応答して計算された磁気共鳴信号のリストを含む。

40

【0010】

この実施形態では、初期に取得される所定の数のk空間トレースが取得された後にk空間トレースと定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリとを比較することにより、複数のk空間トレースの取得をより迅速に実行することが可能になる。RFパルス列が1回実行された後、測定ゾーン内のピンに残留磁気が存在する。所定の数のk空間トレースが取得された後、磁化は最終的に平衡点に達する。この点の後、定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリが使用される。これにより、例えば、磁気共鳴データを連続的に取得することが可能になる。これにより、更に、磁気共鳴フィンガープリンティングを使用してより複雑な磁気共鳴技術を実施することが可能になる。

50

【 0 0 1 1 】

一例として、SENSEなどの並列イメージング技術では、磁気共鳴フィンガープリンティングのためのRFパルス列が使用される。これを行う難しさは、より多くのデータが取得され得る前に、残留磁気が高い遅延を必要とすることである。一定の数のRFパルス列が実行された後でのみ使用される定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリを使用することによって、磁気共鳴データを使用して、定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリにおける所定の物質の存在量を正確に計算することが可能になる。

【 0 0 1 2 】

別の実施形態では、マシン実行可能命令の実行によって、プロセッサは、初期に取得した所定の数のk空間トレースを廃棄する。例えば、スピンを定常状態磁化にするために、パルスシーケンスが初期に所定の回数実行される。これは、単一の磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリしか必要でなく、この単一の磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリを使用して、磁気共鳴データの取得が速められるという技術的な効果を有する。1つの例では、最初の所定の数の取得が廃棄され、その後、使用されるべき真の又は実際のデータが取得される。

10

【 0 0 1 3 】

別の実施形態では、パルスシーケンス命令は、連続的に繰り返されるべきRFパルス列を制御するように構成される。これは、磁気共鳴データができるだけ迅速に取得されるという技術的な効果を有する。

20

【 0 0 1 4 】

別の実施形態では、パルスシーケンス命令は、各RFパルス列の間の最大遅延でRFパルス列を繰り返すように磁気共鳴イメージングシステムを制御するように構成される。最大遅延は、下記の5秒未満、1秒未満、0.5秒未満、0.1秒未満、0.05秒未満、及び0.00秒のうちのいずれかである。この実施形態は、取得の間の遅延を最小にするという技術的な効果を有する。

【 0 0 1 5 】

別の実施形態では、磁気共鳴イメージングシステムは、メイン磁場をもつ磁石を含む。メイン磁場は、多くの場合、所謂B₀場と呼ばれる。メイン磁場は、測定ゾーン内に平均の磁場の大きさを有する。マシン実行可能命令の実行によって、プロセッサが、各RFパルス列を、下記の平均の磁場の大きさにおける所定の物質のセットの最大T₁時間の5倍、平均の磁場の大きさにおける所定の物質のセットの最大T₁時間の1倍、平均の磁場の大きさにおける所定の物質のセットの最大T₁時間の0.5倍、及び平均の磁場の大きさにおける所定の物質のセットの最大T₁時間の0.1倍のうちのいずれかよりも速く繰り返す。定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリにおける所定の物質のセットの各々は、特定のT₁緩和時間を有する。これらの物質の全ての最大T₁値は、更に、メイン磁場の平均強度に依存する。上述で指定した時間の各々は、定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリが使用されない場合よりも磁気共鳴データを迅速に取得することを可能にする。

30

【 0 0 1 6 】

別の実施形態では、マシン実行可能命令の実行によって、更に、プロセッサは、定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリを計算する。定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリは、定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリを計算する標準方法のうちの任意の1つを使用して計算される。例えば、ディクショナリは、ブロッホ方程式を解くことによって又は拡張位相グラフ計算を実行することによって計算される。

40

【 0 0 1 7 】

定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリは、例えば、RFパルス列を繰り返すことによって計算され、計算は定常状態の結果に収束する。磁気共鳴フィンガープリンティングでは、ディクショナリは特定のRFパルスに対して計算される。同じ技術

50

が、定常状態ディクショナリを計算するために使用され得る。単一 R F パルスが複数回繰り返され、同じ計算を使用してスピンの応答を計算する。計算が所定の回数繰り返された後、R F パルス列への応答は定常状態に達する。定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリをこのように計算するプロセスは、所定の数を決定するためにも使用される。

【 0 0 1 8 】

別の実施形態では、マシン実行可能命令の実行によって、更に、プロセッサは、離散的なボクセルの各々に対してブロッホ方程式を用いて、所定の物質の各々を単一スピンとしてモデリングすることによって定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリを計算する。例えば、離散的なボクセルの各々において、仮想スピンの、ブロッホ方程式と、パルスシーケンス命令を使用する磁気共鳴システムのシミュレーションとを使用してモデリングされる。そのとき、サンプリング時間の各々における計算された磁気共鳴データは、モデリングされた特定タイプのスピンの磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリである。これは、測定ゾーンが単に単一ボクセルに分割される場合に特に適切に機能する。それは、空間符号化のための勾配磁場がない場合にも当てはまる。例えば、磁気共鳴システムは、試料の化学分析を行うための所謂 N M R システムである。

10

【 0 0 1 9 】

別の実施形態では、マシン実行可能命令の実行によって、更に、プロセッサは、所定の物質のセットの各々への R F パルス列の繰り返し印加をモデリングすることによって定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリを計算する。

20

【 0 0 2 0 】

別の実施形態では、マシン実行可能命令の実行によって、更に、プロセッサは、定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリの計算の間に所定の数を決定する。所定の数は、定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリの計算の間に生成されたシミュレート磁気共鳴データの収束を決定する収束基準を使用して決定される。収束基準は、例えば、複数個のデータの距離を測定しフィッティングを計算するために使用される最小二乗ルーチン又は他のアルゴリズムである。

【 0 0 2 1 】

別の実施形態では、パルスシーケンスコマンドは、下記の k 空間において複数の k 空間トレースを回転させること、ラジアルサンプリングを使用して複数の k 空間トレースを取得すること、デカルトサンプリングを使用して複数の k 空間トレースを取得すること、及び非デカルトサンプリングを使用して複数の k 空間トレースを取得することのうちのいずれかを実行するように磁気共鳴イメージングシステムを制御するように構成される。

30

【 0 0 2 2 】

別の実施形態では、パルスシーケンス命令は、P R O P E L L E R 磁気共鳴イメージングプロトコルに従って磁気共鳴データを取得するように磁気共鳴イメージングシステムを制御するように構成される。P R O P E L L E R 磁気共鳴イメージングプロトコルは、空間における k 空間ライン又はトレースを、それらを回転させることによって取得する。定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリの使用によって、磁気共鳴データをより迅速に取得し、それによって、被検体の動きの影響を低減することが可能になる。P R O P E L L E R 磁気共鳴イメージングプロトコルの使用は、被検体の動きを補正するためにも利用される。2つを組み合わせると、磁気共鳴データが取得されるとき被検体の動きに影響されにくいより迅速に取得された磁気共鳴データがもたらされる。

40

【 0 0 2 3 】

別の実施形態では、パルスシーケンス命令は、複数の k 空間トレースを k 空間におけるスパイラルとして取得するように磁気共鳴イメージングシステムを制御するように構成される。

【 0 0 2 4 】

別の実施形態では、パルスシーケンス命令は、複数の k 空間トレースをデカルト k 空間におけるラインとして取得するように磁気共鳴イメージングシステムを制御するように構成

50

される。

【 0 0 2 5 】

別の実施形態では、パルスシーケンス命令は、磁気共鳴データを、下記の並列イメージング磁気共鳴イメージングプロトコル、S E N S E 磁気共鳴イメージングプロトコル、及び G R A P P A 磁気共鳴イメージングプロトコルのうちのいずれかに従って取得するように磁気共鳴イメージングシステムを制御するように構成される。

【 0 0 2 6 】

別の実施形態では、パルスシーケンス命令は、S E N S E 磁気共鳴イメージングプロトコルに従って磁気共鳴データを取得するように磁気共鳴イメージングシステムを制御するように構成される。

【 0 0 2 7 】

別の態様では、本発明は、測定ゾーン内の被検体から磁気共鳴データを取得するように磁気共鳴イメージングシステムを制御するプロセッサによる実行のためのマシン実行可能命令を含むコンピュータプログラム製品を提供する。マシン実行可能命令によって、プロセッサは、磁気共鳴フィンガープリンティングプロトコルに従って磁気共鳴データを取得するように磁気共鳴イメージングシステムを制御するためのパルスシーケンスコマンドで磁気共鳴イメージングシステムを制御することによって、磁気共鳴データの複数のk空間トレースを順次取得する。パルスシーケンスコマンドは、R F パルス列を生成するように磁気共鳴イメージングシステムを制御するように構成される。パルスシーケンスコマンドは、磁気共鳴データを複数のk空間トレースとして取得するように磁気共鳴イメージングシステムを制御するように構成される。パルスシーケンスコマンドは、複数のk空間トレースの各々の取得のために繰り返されるべきR F パルス列を制御するように構成される。マシン実行可能命令の実行によって、更に、プロセッサは、複数のk空間トレースのうちの初期に取得される所定の数のk空間トレースが取得された後に取得されるk空間トレースに対する所定の物質のセットの各々の存在量を計算する。所定の物質のセットの各々の存在量は、磁気共鳴データを定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリと比較することによって決定される。定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリは、所定の物質のセットに対してR F パルス列に応答して計算された磁気共鳴信号のリストを含む。

【 0 0 2 8 】

別の態様では、本発明は、更に、測定ゾーン内の被検体から磁気共鳴データを取得するための磁気共鳴イメージングシステムを動作させる方法を提供する。この方法は、磁気共鳴フィンガープリンティングプロトコルに従って磁気共鳴データを取得するように磁気共鳴イメージングシステムを制御するためのパルスシーケンスコマンドで磁気共鳴イメージングシステムを制御することによって、磁気共鳴データの複数のk空間トレースを順次取得するステップを有する。パルスシーケンスコマンドは、更に、R F パルス列を生成するように磁気共鳴イメージングシステムを制御するように構成される。パルスシーケンスコマンドは、磁気共鳴データを複数のk空間トレースとして取得するように磁気共鳴イメージングシステムを制御するように構成される。パルスシーケンスコマンドは、複数のk空間トレースの各々の取得のために繰り返されるべきR F パルス列を制御するように構成される。この方法は、複数のk空間トレースのうちの初期に取得される所定の数のk空間トレースが取得された後に取得されるk空間トレースに対する所定の物質のセットの各々の存在量を計算するステップを更に有する。所定の物質のセットの各々の存在量は、磁気共鳴データを定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリと比較することによって決定される。定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリは、所定の物質のセットに対してR F パルス列に応答して計算された磁気共鳴信号のリストを含む。

【 0 0 2 9 】

本発明の前述の実施形態のうちの1つ又は複数は、組み合わせられた実施形態が相互に排他的でない限り組み合わせることができることが理解されよう。

【 0 0 3 0 】

当業者には理解されるように、本発明の態様は、装置、方法又はコンピュータプログラムプロダクトとして具体化され得る。従って、本発明の態様は、全面的にハードウェア実施形態、全面的にソフトウェア実施形態（ファームウェア、常駐ソフトウェア、マイクロコード等を含む）又は本明細書において全て一般的に「回路」、「モジュール」若しくは「システム」と称され得るソフトウェア及びハードウェア態様を組み合わせた実施形態の形態をとり得る。更に、本発明の態様は、コンピュータ可読媒体上で具現化されたコンピュータ実行可能コードを有する１つ又は複数のコンピュータ可読媒体において具体化されたコンピュータプログラムプロダクトの形態をとり得る。

【 0 0 3 1 】

１つ又は複数のコンピュータ可読媒体の任意の組み合わせが利用されてもよい。コンピュータ可読媒体は、コンピュータ可読信号媒体又はコンピュータ可読ストレージ媒体でもよい。本明細書で使用される「コンピュータ可読ストレージ媒体」は、コンピューティングデバイスのプロセッサによって実行可能な命令を保存することができる任意の有形ストレージ媒体を包含する。コンピュータ可読ストレージ媒体は、コンピュータ可読非一時的ストレージ媒体と称される場合もある。コンピュータ可読ストレージ媒体はまた、有形コンピュータ可読媒体と称される場合もある。一部の実施形態では、コンピュータ可読ストレージ媒体はまた、コンピューティングデバイスのプロセッサによってアクセスされることが可能なデータを保存可能であってもよい。コンピュータ可読ストレージ媒体の例は、フロッピー（登録商標）ディスク、磁気ハードディスクドライブ、半導体ハードディスク、フラッシュメモリ、USBサムドライブ、ランダムアクセスメモリ（RAM）、読み取り専用メモリ（ROM）、光ディスク、磁気光学ディスク、及びプロセッサのレジスタファイルを含むが、これらに限定されない。光ディスクの例は、例えば、CD-ROM、CD-RW、CD-R、DVD-ROM、DVD-RW、又はDVD-Rディスクといったコンパクトディスク（CD）及びデジタル多用途ディスク（DVD）を含む。コンピュータ可読ストレージ媒体という用語は、ネットワーク又は通信リンクを介してコンピュータデバイスによってアクセスされることが可能な様々な種類の記録媒体も指す。例えば、データは、モデムによって、インターネットによって、又はローカルエリアネットワークによって読み出されてもよい。コンピュータ可読媒体上で具現化されたコンピュータ実行可能コードは、限定されることはないが、無線、有線、光ファイバケーブル、RF等を含む任意の適切な媒体、又は上記の任意の適切な組み合わせを用いて送信されてもよい。

【 0 0 3 2 】

コンピュータ可読信号媒体は、例えばベースバンドにおいて又は搬送波の一部として内部で具体化されたコンピュータ実行可能コードを備えた伝搬データ信号を含んでもよい。このような伝搬信号は、限定されることはないが電磁気、光学的、又はそれらの任意の適切な組み合わせを含む様々な形態のいずれかをとり得る。コンピュータ可読信号媒体は、コンピュータ可読ストレージ媒体ではない及び命令実行システム、装置、若しくはデバイスによって又はそれと関連して使用するためのプログラムを通信、伝搬、若しくは輸送できる任意のコンピュータ可読媒体でもよい。

【 0 0 3 3 】

「コンピュータメモリ」又は「メモリ」は、コンピュータ可読ストレージ媒体の一例である。コンピュータメモリは、プロセッサに直接アクセス可能な任意のメモリである。「コンピュータストレージ」又は「ストレージ」は、コンピュータ可読ストレージ媒体の更なる一例である。コンピュータストレージは、任意の不揮発性コンピュータ可読ストレージ媒体である。一部の実施形態では、コンピュータストレージは、コンピュータメモリであってもよい又はその逆でもよい。

【 0 0 3 4 】

本明細書で使用される「プロセッサ」は、プログラム、マシン実行可能命令、又はコンピュータ実行可能コードを実行可能な電子コンポーネントを包含する。「プロセッサ」を含むコンピューティングデバイスへの言及は、場合により、２つ以上のプロセッサ又は処理コアを含むと解釈されるべきである。プロセッサは、例えば、マルチコアプロセッサであ

る。プロセッサは、また、単一のコンピュータシステム内の、又は複数のコンピュータシステムの中へ分配されたプロセッサの集合体も指す。コンピュータデバイスとの用語は、各々が1つ又は複数のプロセッサを有するコンピュータデバイスの集合体又はネットワークを指してもよいと理解されるべきである。コンピュータ実行可能コードは、同一のコンピュータデバイス内の、又は複数のコンピュータデバイス間に分配された複数のプロセッサによって実行される。

【0035】

コンピュータ実行可能コードは、本発明の態様をプロセッサに行わせるマシン実行可能命令又はプログラムを含んでもよい。本発明の態様に関する動作を実施するためのコンピュータ実行可能コードは、Java（登録商標）、Smalltalk（登録商標）、又はC++等のオブジェクト指向プログラミング言語及び「C」プログラミング言語又は類似のプログラミング言語等の従来の手続きプログラミング言語を含む1つ又は複数のプログラミング言語の任意の組み合わせで書かれてもよい及びマシン実行可能命令にコンパイルされてもよい。場合によっては、コンピュータ実行可能コードは、高水準言語の形態又は事前コンパイル形態でもよい及び臨機応変にマシン実行可能命令を生成するインタプリタと共に使用されてもよい。

【0036】

コンピュータ実行可能コードは、完全にユーザのコンピュータ上で、部分的にユーザのコンピュータ上で、スタンドアローンソフトウェアパッケージとして、部分的にユーザのコンピュータ上で及び部分的にリモートコンピュータ上で、又は完全にリモートコンピュータ若しくはサーバ上で実行することができる。後者の場合、リモートコンピュータは、ローカルエリアネットワーク（LAN）若しくは広域ネットワーク（WAN）を含む任意の種類のネットワークを通してユーザのコンピュータに接続されてもよい、又はこの接続は外部コンピュータに対して（例えば、インターネットサービスプロバイダを使用したインターネットを通して）行われてもよい。

【0037】

本発明の態様は、本発明の実施形態による方法、装置（システム）及びコンピュータプログラムプロダクトのフローチャート、図及び／又はブロック図を参照して説明される。フローチャート、図、及び／又はブロック図の各ブロック又は複数のブロックの一部は、適用できる場合、コンピュータ実行可能コードの形態のコンピュータプログラム命令によって実施され得ることが理解されよう。相互排他的でなければ、異なるフローチャート、図、及び／又はブロック図におけるブロックの組み合わせが組み合わせられてもよいことが更に理解される。これらのコンピュータプログラム命令は、コンピュータ又は他のプログラム可能データ処理装置のプロセッサを介して実行する命令がフローチャート及び／又はブロック図の1つ又は複数のブロックにおいて指定された機能／行為を実施するための手段を生じさせるようにマシンを作るために、汎用コンピュータ、特定用途コンピュータ、又は他のプログラム可能データ処理装置のプロセッサへと提供されてもよい。

【0038】

これらのコンピュータプログラム命令はまた、コンピュータ可読媒体に保存された命令がフローチャート及び／又はブロック図の1つ又は複数のブロックにおいて指定された機能／行為を実施する命令を含む製品を作るように、コンピュータ、他のプログラム可能データ処理装置、又は他のデバイスにある特定の方法で機能するように命令することができるコンピュータ可読媒体に保存されてもよい。

【0039】

コンピュータプログラム命令はまた、コンピュータ又は他のプログラム可能装置上で実行する命令がフローチャート及び／又はブロック図の1つ又は複数のブロックにおいて指定された機能／行為を実施するためのプロセスを提供するように、一連の動作ステップがコンピュータ、他のプログラム可能装置又は他のデバイス上で行われるようにすることにより、コンピュータ実施プロセスを生じさせるために、コンピュータ、他のプログラム可能データ処理装置、又は他のデバイス上にロードされてもよい。

【 0 0 4 0 】

本明細書で使用される「ユーザインタフェース」は、ユーザ又はオペレータがコンピュータ又はコンピュータシステムとインタラクトすることを可能にするインタフェースである。「ユーザインタフェース」は、「ヒューマンインタフェースデバイス」と称される場合もある。ユーザインタフェースは、情報若しくはデータをオペレータに提供することができる及び／又は情報若しくはデータをオペレータから受信することができる。ユーザインタフェースは、オペレータからの入力によって受信されることを可能にしてもよい及びコンピュータからユーザへ出力を提供してもよい。つまり、ユーザインタフェースはオペレータがコンピュータを制御する又は操作することを可能にしてもよい、及びインタフェースはコンピュータがオペレータの制御又は操作の結果を示すことを可能にしてもよい。ディスプレイ又はグラフィカルユーザインタフェース上のデータ又は情報の表示は、情報をオペレータに提供する一例である。キーボード、マウス、トラックボール、タッチパッド、指示棒、グラフィックタブレット、ジョイスティック、ゲームパッド、ウェブカム、ヘッドセット、ギアスティック、ステアリングホイール、ペダル、有線グローブ、ダンスパッド、リモコン、及び加速度計を介したデータの受信は、すべて、オペレータから情報又はデータの受信を可能にするユーザインタフェース要素の例である。

10

【 0 0 4 1 】

本明細書で使用される「ハードウェアインタフェース」は、コンピュータシステムのプロセッサが外部コンピューティングデバイス及び／又は装置とインタラクトする及び／又はそれを制御することを可能にするインタフェースを包含する。ハードウェアインタフェースは、プロセッサが外部コンピューティングデバイス及び／又は装置へ制御信号又は命令を送ることを可能にしてもよい。ハードウェアインタフェースはまた、プロセッサが外部コンピューティングデバイス及び／又は装置とデータを交換することを可能にしてもよい。ハードウェアインタフェースの例は、ユニバーサルシリアルバス、IEEE 1394ポート、パラレルポート、IEEE 1284ポート、シリアルポート、RS-232ポート、IEEE 488ポート、ブルートゥース（登録商標）接続、無線LAN接続、TCP/IP接続、イーサネット（登録商標）接続、制御電圧インタフェース、MIDIインタフェース、アナログ入力インタフェース、及びデジタル入力インタフェースを含むが、これらに限定されない。

20

【 0 0 4 2 】

本明細書で使用される「ディスプレイ」又は「ディスプレイデバイス」は、画像又はデータを表示するために構成された出力デバイス又はユーザインタフェースを包含する。ディスプレイは、視覚、音声、及び／又は触覚データを出力してもよい。ディスプレイの例は、コンピュータモニタ、テレビスクリーン、タッチスクリーン、触覚電子ディスプレイ、点字スクリーン、陰極線管（CRT）、蓄積管、双安定ディスプレイ、電子ペーパー、ベクターディスプレイ、平面パネルディスプレイ、真空蛍光ディスプレイ（VF）、発光ダイオード（LED）ディスプレイ、エレクトロルミネッセントディスプレイ（ELD）、プラズマディスプレイパネル（PDP）、液晶ディスプレイ（LCD）、有機発光ダイオードディスプレイ（OLED）、プロジェクタ、及びヘッドマウントディスプレイを含むが、これらに限定されない。

30

【 0 0 4 3 】

以下で、本発明の好ましい実施形態を、単なる例として図面を参照して説明する。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 4 】

【図 1】磁気共鳴イメージングシステムの一例を示す図である。

【図 2】図 1 の磁気共鳴イメージングシステムを使用する方法を示すフローチャートである。

【図 3】定常状態に達する磁気共鳴信号の概念を示す図である。

【図 4】複数の既知の試料によるファントムの 3 つの磁気共鳴フィンガープリンティング画像を示す図である。

40

50

【発明を実施するための形態】

【0045】

図において似通った参照番号を付された要素は、等価な要素であるか、同じ機能を実行するかのいずれかである。先に考察された要素は、機能が等価である場合は、後の図においては必ずしも考察されない。

【0046】

図1は、磁石104を含む磁気共鳴イメージングシステム100の一例を示す。磁石104は、それを貫通するボア106を有した超伝導円筒型磁石である。異なるタイプの磁石の使用も可能であり、例えば、分割円筒磁石及び所謂開放磁石の両方を使用することも可能である。分割円筒磁石は、クライオスタットが2つの部分に分割されて、磁石の等平面へのアクセスを可能にする点を除いて、標準的な円筒磁石に類似し、斯かる磁石は、例えば荷電粒子ビーム療法と共に使用される。開放磁石は、2つの磁石部分を有し、被検体を受容するのに十分な大きさの空間を間に有して一方が他方の上にあり、2つの部分の領域の配置は、ヘルムホルツコイルのものと類似する。被検体が閉じ込められる度合いが低いことから、開放磁石が普及している。円筒磁石のクライオスタットの内部には、超伝導コイルの一群が存在する。円筒磁石104のボア106内部には、磁気共鳴イメージングを行うのに十分な程、磁場が強く均一であるイメージングゾーン108が存在する。

【0047】

磁石のボア106内部には、磁気共鳴データの取得のために使用されて、磁石104のイメージングゾーン108内で磁気スピンを空間的に符号化する磁場勾配コイル110のセットも存在する。磁場勾配コイル110は、磁場勾配コイル電源112に接続される。磁場勾配コイル110は代表的なものであることが意図される。一般的に、磁場勾配コイル110は、3つの直交する空間方向に空間的に符号化を行うための3つの別々のコイルセットを含む。磁場勾配電源は、電流を磁場勾配コイルに供給する。磁場勾配コイル110に供給される電流は、時間の関数として制御され、傾斜がつけられる又はパルス出力される。

【0048】

イメージングゾーン108に隣接するのは、イメージングゾーン108内の磁気スピンの配向を操作するため及び同じくイメージングゾーン108内のスピンから無線伝送を受信するための高周波コイル114である。高周波アンテナは、複数のコイル素子を含む。高周波アンテナは、チャンネル又はアンテナとも呼ばれる。高周波コイル114は、高周波送受信器116に接続される。高周波コイル114及び高周波送受信器116は、別個の送信及び受信コイル並びに別個の送信器及び受信器によって置き換えられてもよい。高周波コイル114及び高周波送受信器116は、代表的なものであることが理解される。高周波コイル114は、専用送信アンテナ及び専用受信アンテナも表すように意図される。同様に、送受信器116は、別個の送信器及び複数の受信器も表す。高周波コイル114は、複数の受信/送信素子も有し、高周波送受信器116は、複数の受信/送信チャンネルを有する。例えば、SENSEなどの並列イメージング技術が実行される場合、高周波コイル114は複数のコイル素子を有する。

【0049】

送受信器116及び磁場勾配コイル電源112は全てコンピュータシステム126のハードウェアインタフェース128に接続される。

【0050】

コンピュータストレージ134はパルスシーケンスコマンド140を含むものとして示される。パルスシーケンスコマンドは、磁気共鳴フィンガープリンティングプロトコルに従って磁気共鳴データ142を取得するように磁気共鳴イメージングシステム100を制御する。磁気共鳴データ142は、コンピュータストレージ134に記憶されるものとして示される。コンピュータストレージ134は、更に、定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリ144を含むものとして示される。コンピュータストレージ134はまた、更に、磁気共鳴フィンガープリンティングプロトコルに従って磁気共鳴データ

10

20

30

40

50

1 4 2 から再構成された磁気共鳴画像 1 4 8 を含むものとして示される。磁気共鳴画像 1 4 8 は、例えば、所定の物質のセットの様々な物質の濃度の 2 次元又は 3 次元マップである。

【 0 0 5 1 】

コンピュータメモリ 1 3 6 は、制御命令 1 5 0 を含むものとして示される。制御命令 1 5 0 は、プロセッサ 1 3 0 が磁気共鳴イメージングシステム 1 0 0 の動作及び機能を制御することを可能にする命令を含む。例えば、制御命令 1 5 0 は、プロセッサ 1 3 0 が、磁気共鳴イメージングシステムを制御するためにパルスシーケンスコマンド 1 4 0 を使用することを可能にするコマンドを含む。コンピュータメモリ 1 3 6 は、更に、磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリ生成命令 1 5 2 を含むものとして示される。磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリ生成命令 1 5 2 はオプションである。磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリ生成命令 1 5 2 は、例えば、定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリ 1 4 4 を生成するために使用されるモデルを含む。コンピュータメモリ 1 3 6 は、更に、画像再構成命令 1 5 4 を含むものとして示される。画像再構成命令 1 5 4 は、プロセッサ 1 3 0 が磁気共鳴データ 1 4 2 から磁気共鳴画像 1 4 8 を再構成することを可能にする命令を含む。例えば、磁気共鳴画像 1 4 8 は、被検体 1 1 8 内の所定の物質のうちの 1 つ又は複数の空間分布のレンダリングである。

10

【 0 0 5 2 】

コンピュータストレージ 1 3 4 及びコンピュータメモリ 1 3 6 の内容は、互いに複製してもよく、又はどちらかの内容が交換されてもよい。図 1 の例は、磁気共鳴イメージングシステム又は装置 1 0 0 が核磁気共鳴 (N M R) 分光計と等価となるように変更することができる。装置 1 0 0 は、勾配コイル 1 1 0 及び勾配コイル電源 1 1 2 がない場合、イメージングゾーン 1 0 8 において 0 次元測定を実行する。

20

【 0 0 5 3 】

図 2 は、図 1 の磁気共鳴イメージングシステム 1 0 0 を動作させる方法の一例を示すフローチャートを示す。最初に、ステップ 2 0 0 において、磁気共鳴データ 1 4 2 の複数の k 空間トレースが、パルスシーケンスコマンド 1 4 0 で磁気共鳴イメージングシステム 1 0 0 を制御することによって順次取得される。パルスシーケンスコマンド 1 4 0 は、磁気共鳴フィンガープリンティングプロトコルに従って磁気共鳴データを取得するように磁気共鳴イメージングシステムを制御する。パルスシーケンスコマンド 1 4 0 は、R F パルス列を生成するように磁気共鳴イメージングシステム 1 0 0 を制御するように構成される。パルスシーケンスコマンド 1 4 0 は、磁気共鳴データ 1 4 2 を複数の k 空間トレースとして取得するように磁気共鳴イメージングシステムを制御するように構成される。パルスシーケンスコマンド 1 4 0 は、複数の k 空間トレースの各々の取得のために繰り返されるべき R F パルス列を制御するように構成される。

30

【 0 0 5 4 】

この方法は、複数の k 空間トレースのうちの初期に取得される所定の数の k 空間トレースが取得された後に取得される k 空間トレースに対する所定の物質のセットの各々の存在量を計算するステップ 2 0 2 を更に有する。所定の物質のセットの各々の存在量は、磁気共鳴データを定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリ 1 4 4 と比較することによって決定される。定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリ 1 4 4 は、所定の物質のセットに対して R F パルス列にตอบสนองして計算された磁気共鳴信号のリストを含む。いくつかの例では、初期に取得された所定の数の k 空間トレースは廃棄される。

40

【 0 0 5 5 】

磁気共鳴フィンガープリンティング (M R F) は、定量的マルチパラメータ測定及び組織特性評価のための有望な技術である。R F パルスの列は、特定の組織タイプのためのフィンガープリントとして働く M R 信号を生成する。このフィンガープリントは、後で、既知の信号のディクショナリと比較され得る。

【 0 0 5 6 】

50

多くの以前に報告された手法は、高速取得のために、長いフィンガープリントシーケンスをスパイラルサンプリングと組み合わせている。しかしながら、MRFシーケンスを短くし、取得を速めるためにデカルトサンプリングをSENSEと組み合わせて使用することも技術的に有利である。この場合、パルス列は、サンプリングされるべきk空間のトレースごとに1回印加されなければならない。高分解能ラジアル又はスパイラルサンプリングについても同様であり、複数のk空間軌道が引き続き測定される。本発明は、k空間を別々の部分でサンプリングする場合に焦点を当てる。

【0057】

インタリーブ式に（デカルトサンプリング技術におけるように）k空間で複数のトレース又はセグメントを引き続きサンプリングするには、通常、フィンガープリント取得の間にスピン系が緩和するのを待つことが必要とされ、その結果、一般的な取得時間は非常に長い。

10

【0058】

この欠点は、以下のやり方で克服される可能性がある。スピン系が完全に緩和するのを待つ代わりに、遅延が短くされ、フィンガープリントシーケンスの間のスピン系の時間展開がディクショナリの計算において考慮に入れられる。この目的のためにフィンガープリント信号の定常解を見いだすことができることを示す。

【0059】

このようにして、デカルト又はさもなければ高密度サンプリングMRFスキャンが、照合精度を損なうことなく著しく速められ得る。

20

【0060】

例は、次の特徴のうちの1つ又は複数を含む。

MRF信号を取得するMRFイメージングシステム。

擬似ランダムMRFフィンガープリントシーケンスに従ってデータを取得するプログラム。

以下で説明するように定常状態MRF信号に基づいてMRFディクショナリを計算するソフトウェア。

測定された信号をディクショナリと照合する方法。

【0061】

ディクショナリエントリを計算する1つのやり方は以下の通りである。

1. 列間遅延 t_d をもつ基本MRF列のいくつかの繰り返しからなるシーケンスを構成する。

30

2. 遅延中のスピン系の時間展開を考慮に入れて、完全な合成シーケンスに対する組織パラメータのセットのための予想信号を計算する。計算のタイプは、使用されるMRFシーケンスのタイプに依存する。それは、単一スピンのブロッホシミュレーション、スピンの集合のブロッホシミュレーション、拡張位相グラフ計算、又は系を十分に適切に説明する任意の他のスピンモデル計算である。

3. 計算された信号から、最後のフィンガープリント繰り返しに対応する部分を切り取り、このフィンガープリント信号をディクショナリエントリとして使用する。

【0062】

そのとき、MRF測定は、計算で仮定したものと同一列間遅延 t_d を使用して実行されなければならない。

40

【0063】

例

この例で使用される磁気共鳴フィンガープリントシーケンスは、スポイルド勾配エコーシーケンスに基づく。それは200個のフリップ角からなる列からなり、その前に反転パルスがあり、200ステップに対して3秒の合計時間がある。シーケンスは数回繰り返され、完全なパルス列の予想信号が、拡張位相グラフ形式を使用して計算される。測定は、既知のゲル試料を備えたファントムを使用して実行された。MRFディクショナリは、異なる試料（227ms T1 1646ms; 48ms T2 369ms）の18個のエントリ（そのうちの12個はファントムに存在する）と、バックグラウンドのための1つ

50

のエントリからなる。

【 0 0 6 4 】

図 3 は、定常状態に達する磁気共鳴信号の概念を示すために使用される。3 つのグラフがある。グラフ 3 0 0 は、磁気共鳴フィンガープリンティングシーケンスで使用される 4 つの高周波パルスを示す。以下で、グラフ 3 0 2 及びグラフ 3 0 4 には、グラフ 3 0 0 の R F パルスに応答して測定された磁気共鳴信号が示される。グラフ 3 0 2 において、T 1 緩和時間及び T 2 緩和時間は、グラフ 3 0 0 の R F パルスの各々の全長と比較して短い。グラフ 3 0 2 では測定された信号の間に小さい差しかないことが分かる。以下で、グラフ 3 0 4 において、T 1 時間は、グラフ 3 0 0 の R F パルスと比較して長い。第 1 の M R 信号 3 0 6 は、後続の磁気共鳴信号と根本的に異なることが分かる。第 1 の M R 信号 3 0 6 が下げられるか又は異なる磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリに適合する場合、測定される後続の磁気共鳴信号は定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリに適合することが分かる。

10

【 0 0 6 5 】

図 4 は、複数の既知の試料によるファントムの 3 つの磁気共鳴フィンガープリンティング画像 4 0 0、4 0 2、4 0 4 を示す。これらの 3 つの画像では、既知のゲル試料を備えたファントムが、18 個の異なるエントリをもつ磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリと比較されている。この例では、ファントムは、18 個の異なる試料のうちの 12 個を含む。画像 4 0 0 の磁気共鳴データを取得するとき、R F パルス列の高周波パルスの各々の間に 5 秒の遅延があった。画像 4 0 0 では、12 個の試料の各々が正しく識別された。画像 4 0 2 では、R F パルスの各々の間の遅延はわずか 0.5 秒であった。4 0 2 から 4 0 4 において識別された試料を比較すると、画像 4 0 2 の左上の 1、2、及び 3 とラベル付けされた試料の 3 つのみが、正しく識別されていることが分かる。他の試料は、間違っ

20

【 0 0 6 6 】

て識別され、それが間違っていることを示すためにそれを通る対角線で印をつけられている。画像 4 0 4 では、定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリが使用された。試料の全てが、画像 4 0 0 でどのように識別されているかと一致して識別されていることが分かる。画像 4 0 4 において、遅延は、同様に、わずか 0.5 秒であった。画像 4 0 0 の取得は 8 分 33 秒かかった。画像 4 0 4 の取得は 3 分 45 秒しかかからなかった。これは、定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリの使用が、磁気共鳴フィンガープリンティングプロトコルのための磁気共鳴データの取得を根本的に速めるためにどのように利用できるかを示している。

30

【 0 0 6 7 】

繰り返し間の遅延が短い場合、スピン系は次の反転パルスの前に完全には緩和していない。ショート T 1 系 (図 3、画像 3 0 2) の信号の応答は、繰り返しごとにほとんど同一であるが、ロング T 1 系 (図 3、画像 3 0 4) は異なる信号応答を示す。しかしながら、3 つの繰り返しの後、この系でさえ定常フィンガープリントに達する。第 1 の測定では、M R F シーケンス繰り返し間の遅延は大きく (5 s)、その結果、完全に緩和されたスピン系を毎回仮定することができる。この仮定で計算されたディクショナリを使用して、全ての 12 個のサンプル番号が正しく照合されている (図 4、画像 4 0 0)。遅延が 0.5 s に減少された場合、緩和されたスピン系の仮定がもはや有効でないため、同じディクショナリは間違っ

40

【 0 0 6 8 】

た照合をもたらず (図 4、画像 4 0 2)。3 つのシーケンス繰り返しからなる列を計算し、ディクショナリに対して定常状態フィンガープリント信号を使用する場合、全ての試料が再び正しく照合される (図 4、4 0 4)。第 1 の測定は 8 分 33 秒かかり、第 2 の測定は 3 分 45 秒しかかからない。

【 0 0 6 9 】

50

別の例では、データの取得が始まる前に、M R Fシーケンスの少数の「ダミーの」繰り返し系に適用される。このようにして、系は、最初の取得時には既に定常状態にある。

【 0 0 7 0 】

別の例では、計算で使用する繰り返しの数は、決定されるべき個々のディクショナリエントリの T 1 値及び T 2 値に動的に適合される。繰り返しの数は、最後の繰り返して系が定常状態に達しているように選ばれる。緩和定数がより小さい系は定常状態に早く近づくので、計算時間をここで節約することができる。

【 0 0 7 1 】

更なる例では、2 ~ 3 のスポークによるラジアルサンプリング又はいくつかのインタリーブによるスパイラルサンプリングが、列間遅延 $t_d = 0$ を用いて受容的に実行される。

10

【 0 0 7 2 】

本発明は、図面及び前述の記載において詳細に図示及び説明されたが、このような図示及び記載は、説明的又は例示的であって限定するものではないと見なされるべきである。すなわち本発明は、開示された実施形態に限定されるものではない。

【 0 0 7 3 】

開示された実施形態のその他の変形が、図面、本開示及び添付の請求項の検討から、請求項に係る発明を実施する当業者によって理解されて実現され得る。請求項において、「comprising (含む、備える)」という単語は、他の要素又はステップを除外するものではなく、不定冠詞「a」又は「an」は、複数を除外するものではない。単一のプロセッサ又は他のユニットが請求項に記載されたいくつかのアイテムの機能を果たす。特定の手段が相互に異なる従属請求項に列挙されているという単なる事実は、これらの手段の組み合わせが有利に用いられないことを示すものではない。コンピュータプログラムは、他のハードウェアと共に若しくは他のハードウェアの一部として供給される光記憶媒体又はソリッドステート媒体等の適当な媒体に保存 / 分配されてもよいが、インターネット又は他の有線若しくは無線の電気通信システムを介して等の他の形式で分配されてもよい。請求項における任意の参照符号は、本発明の範囲を限定するものと解釈されるべきではない。

20

【符号の説明】

【 0 0 7 4 】

1 ゲル試料 1

30

2 ゲル試料 2

3 ゲル試料 3

4 ゲル試料 4

6 ゲル試料 6

7 ゲル試料 7

8 ゲル試料 8

9 ゲル試料 9

1 0 ゲル試料 1 0

1 1 ゲル試料 1 1

1 2 ゲル試料 1 2

40

1 3 ゲル試料 1 3

1 4 ゲル試料 1 4

1 0 0 磁気共鳴イメージングシステム

1 0 4 磁石

1 0 6 磁石のボア

1 0 8 測定ゾーン又はイメージングゾーン

1 1 0 磁場勾配コイル

1 1 2 磁場勾配コイル電源

1 1 4 高周波コイル

1 1 6 送受信器

50

1 1 8	被検体	
1 2 0	被検体支持体	
1 2 2	アクチュエータ	
1 2 4	所定の方向	
1 2 5	スライス	
1 2 6	コンピュータシステム	
1 2 8	ハードウェアインタフェース	
1 3 0	プロセッサ	
1 3 2	ユーザインタフェース	
1 3 4	コンピュータストレージ	10
1 3 6	コンピュータメモリ	
1 4 0	パルスシーケンスコマンド	
1 4 2	磁気共鳴データ	
1 4 4	定常状態磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリ	
1 4 8	磁気共鳴画像	
1 5 0	制御命令	
1 5 2	磁気共鳴フィンガープリンティングディクショナリ生成命令	
1 5 4	画像再構成命令	
2 0 0	パルスシーケンスコマンドで磁気共鳴イメージングシステムを制御することによって、磁気共鳴データの複数の k 空間トレースを順次取得するステップ	20
2 0 2	複数の k 空間トレースのうちの所定の数の k 空間トレースが取得された後に取得される k 空間トレースに対する所定の物質のセットの各々の存在量を計算するステップ	
3 0 0	R F パルス	
3 0 2	M R 信号	
3 0 4	M R 信号	
3 0 6	第 1 の M R 信号	

30

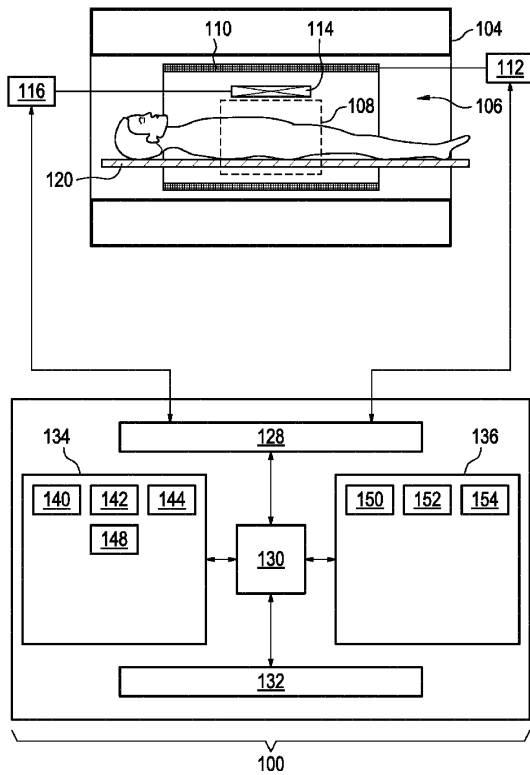
40

50

【図面】

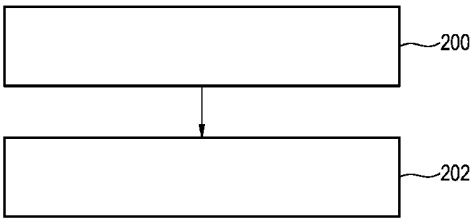
【図 1】

Fig. 1



【図 2】

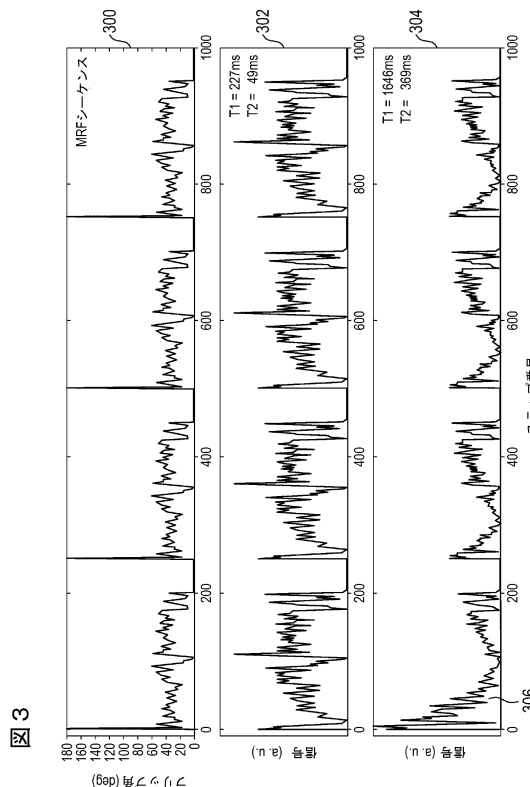
Fig. 2



10

20

【図 3】



【図 4】

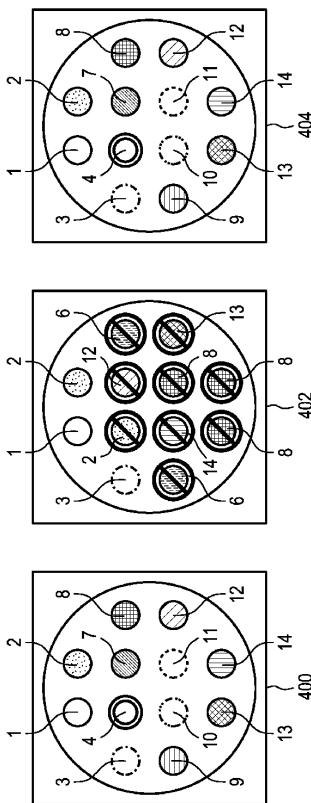


Fig. 4

30

40

50

フロントページの続き

- ドーフェン ハイ テック キャンパス ビルディング 5
- (72)発明者 ソマー カルステン
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス ビルディング 5
- (72)発明者 ドネヴァ マリヤ イワノワ
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス ビルディング 5
- (72)発明者 ボルネート ペーター
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス ビルディング 5
- 審査官 後藤 順也
- (56)参考文献 特表 2 0 1 5 - 5 2 8 3 8 4 (J P , A)
特開 2 0 1 5 - 1 1 9 8 6 6 (J P , A)
Guido Buonincontri et al. , MR Fingerprinting with Simultaneous B1 Estimation , Magn Reson Med , 2015年10月28日 , vol.76 , pp.1127-1135
Yun Jiang et al. , MR Fingerprinting Using Fast Imaging with Steady State Precession (FISP) with Spiral Readout , Magn Reson Med , 2014年12月09日 , vol.74 , pp.1621-1631
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
A 6 1 B 5 / 0 5 5
G 0 1 R 3 3 / 2 0 - 3 3 / 6 4
P u b M e d