

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7019568号

(P7019568)

(45)発行日 令和4年2月15日(2022.2.15)

(24)登録日 令和4年2月4日(2022.2.4)

(51)国際特許分類

F I

A 6 1 B	5/055(2006.01)	A 6 1 B	5/055	3 8 0
G 0 6 T	7/11 (2017.01)	G 0 6 T	7/11	
G 0 6 T	7/00 (2017.01)	G 0 6 T	7/00	6 1 2

請求項の数 15 (全22頁)

(21)出願番号	特願2018-523809(P2018-523809)	(73)特許権者	590000248
(86)(22)出願日	平成28年11月11日(2016.11.11)		コーニンクレッカ フィリップス エヌ
(65)公表番号	特表2018-535008(P2018-535008		ヴェ
	A)		KONINKLIJKE PHILIPS
(43)公表日	平成30年11月29日(2018.11.29)		N.V.
(86)国際出願番号	PCT/EP2016/077507		オランダ国 5 6 5 6 アーヘー アイン
(87)国際公開番号	WO2017/081302		ドーフエン ハイテック キャンパス 5 2
(87)国際公開日	平成29年5月18日(2017.5.18)	(74)代理人	110001690
審査請求日	令和1年11月6日(2019.11.6)		特許業務法人M&Sパートナーズ
(31)優先権主張番号	62/254236	(72)発明者	メイヤー カルステン
(32)優先日	平成27年11月12日(2015.11.12)		オランダ国 5 6 5 6 アーエー アイン
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)	(72)発明者	ドーフエン ハイ テック キャンパス 5
			ウェンゼル ファビアン
			オランダ国 5 6 5 6 アーエー アイン
			ドーフエン ハイ テック キャンパス 5
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 白質脳病変の分析のための医療機器

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

被検者の検査領域における罹患した領域を自動的に検出する医療機器であって、マシン実行可能な命令を格納するメモリと、当該医療機器を制御するプロセッサとを有し、前記マシン実行可能な命令の実行は前記プロセッサに当該医療機器を制御して、

a) 前記検査領域の第1解剖学的画像及び前記検査領域の第1線維画像を取得させ、その場合において、第1パラメータ及び第2パラメータは前記第1解剖学的画像及び前記第1線維画像の特徴を各々記述し、

b) 前記第1解剖学的画像を、前記検査領域における各組織及び/又は構造を示す複数のセグメントに分割させ、

c) 分割された前記第1解剖学的画像において第1病変を識別させ、

d) 前記第1パラメータ及び第2パラメータの値を使用して、前記第1線維画像における第1線維を追跡する追跡アルゴリズムのため、識別された前記第1病変におけるシード点を決定させ、該シード点の決定において、前記第1病変における各病変の重心を計算することにより、該重心が前記シード点として使用される、

医療機器。

【請求項2】

被検者の検査領域における罹患した領域を自動的に検出する医療機器であって、マシン実行可能な命令を格納するメモリと、当該医療機器を制御するプロセッサとを有し、前記マシン実行可能な命令の実行は前記プロセッサに当該医療機器を制御して、

a) 前記検査領域の第 1 解剖学的画像及び前記検査領域の第 1 線維画像を取得させ、その場合において、第 1 パラメータ及び第 2 パラメータは前記第 1 解剖学的画像及び前記第 1 線維画像の特徴を各々記述し、

b) 前記第 1 解剖学的画像を、前記検査領域における各組織及び / 又は構造を示す複数のセグメントに分割させ、

c) 分割された前記第 1 解剖学的画像において第 1 病変を識別させ、

d) 前記第 1 パラメータ及び第 2 パラメータの値を使用して、前記第 1 線維画像における第 1 線維を追跡する追跡アルゴリズムのため、識別された前記第 1 病変におけるシード点を決定させ、

前記マシン実行可能な命令の実行が、更に、前記プロセッサに当該医療機器を制御して、

e) 前記検査領域の第 2 解剖学的画像及び前記検査領域の第 2 線維画像を取得させ、

f) 前記第 2 解剖学的画像を、前記検査領域における各組織及び / 又は構造を示す複数のセグメントに分割させ、

g) 分割された前記第 2 解剖学的画像において第 2 病変を識別させ、

h) 識別された前記第 2 病変を、前記第 2 線維画像における第 2 線維を追跡するために前記追跡アルゴリズムのためのシード点として使用させ、

i) 少なくとも前記第 1 病変と前記第 2 病変とを比較させ、

j) 前記第 1 病変と前記第 2 病変との間の差分を示すデータを供給させ、

ステップ e) ~ j) を所定の収束基準が満たされるまで反復させる、

医療機器。

【請求項 3】

前記収束基準が、

前記差分が所定の閾値より小さいこと、

ステップ j) の実行に際して停止信号を受信すること、

前記第 2 病変の数が前記第 1 病変の数に等しいこと、

のうちの少なくとも 1 つを有する、請求項 2 に記載の医療機器。

【請求項 4】

前記マシン実行可能な命令の実行が、前記プロセッサに前記医療機器を制御して前記第 1 解剖学的画像の関心領域における前記追跡を実行させる、請求項 1 ないし 3 の何れか一項に記載の医療機器。

【請求項 5】

前記関心領域が自動的に選択される、請求項 4 に記載の医療機器。

【請求項 6】

前記第 1 解剖学的画像が磁気共鳴 (MR) 画像を有し、前記第 1 線維画像が拡散強調画像を有する、請求項 1 ないし 5 の何れか一項に記載の医療機器。

【請求項 7】

前記被検者から磁気共鳴データを取得するための磁気共鳴撮像 (MRI) システムを更に有し、該磁気共鳴撮像システムが、撮像ゾーン内に B0 磁場を発生させる主磁石並びに前記メモリ及び前記プロセッサを有し、前記マシン実行可能な命令の実行が前記プロセッサに前記 MRI システムを制御して同一又は異なるスキャンにおいて前記 MR 画像及び前記拡散強調画像を取得させる、請求項 6 に記載の医療機器。

【請求項 8】

前記マシン実行可能な命令の実行が、更に、ステップ a) において、前記プロセッサに前記 MR 画像及び前記拡散強調画像を異なるスキャンにおいて取得させると共に、該 MR 画像及び該拡散強調画像を位置合わせさせる、請求項 7 に記載の医療機器。

【請求項 9】

前記第 1 パラメータが識別された病変の大きさ、数、ボクセル輝度及び部分体積のうちの少なくとも 1 つを有し、前記第 2 パラメータが拡散の方向及び拡散の大きさのうちの少なくとも 1 つを有する、請求項 1 ないし 8 の何れか一項に記載の医療機器。

【請求項 10】

10

20

30

40

50

前記供給されたデータが前記病変の大きさ、数、部分体積のような該病変の特徴を有する、請求項 2 に記載の医療機器。

【請求項 1 1】

前記第 1 病変が白質病変を有し、前記検査領域が脳を有する、請求項 1 ないし 10 の何れか一項に記載の医療機器。

【請求項 1 2】

被検者の検査領域における罹患した領域を自動的に検出するためのコンピュータプログラムであって、該コンピュータプログラムはプログラム命令が具現化されたコンピュータ読取可能な媒体を有し、前記プログラム命令は、

a) 前記検査領域の第 1 解剖学的画像及び前記検査領域の第 1 線維画像を取得し、その場合において、第 1 パラメータ及び第 2 パラメータは前記第 1 解剖学的画像及び前記第 1 線維画像の特徴を各々記述し、

b) 前記第 1 解剖学的画像を、前記検査領域における各組織及び / 又は構造を示す複数のセグメントに分割し、

c) 分割された前記第 1 解剖学的画像において、第 1 病変を識別し、

d) 前記第 1 パラメータ及び第 2 パラメータの値を使用して、前記第 1 線維画像における第 1 線維を追跡する追跡アルゴリズムのため、識別された前記第 1 病変におけるシード点を決定し、該シード点の決定において、前記第 1 病変における各病変の重心を計算することにより、該重心が前記シード点として使用されるためにプロセッサにより実行可能である、

コンピュータプログラム。

【請求項 1 3】

被検者の検査領域における罹患した領域を自動的に検出するためのコンピュータプログラムであって、該コンピュータプログラムはプログラム命令が具現化されたコンピュータ読取可能な媒体を有し、前記プログラム命令は、

a) 前記検査領域の第 1 解剖学的画像及び前記検査領域の第 1 線維画像を取得し、その場合において、第 1 パラメータ及び第 2 パラメータは前記第 1 解剖学的画像及び前記第 1 線維画像の特徴を各々記述し、

b) 前記第 1 解剖学的画像を、前記検査領域における各組織及び / 又は構造を示す複数のセグメントに分割し、

c) 分割された前記第 1 解剖学的画像において、第 1 病変を識別し、

d) 前記第 1 パラメータ及び第 2 パラメータの値を使用して、前記第 1 線維画像における第 1 線維を追跡する追跡アルゴリズムのため、識別された前記第 1 病変におけるシード点を決定し、

前記プログラム命令は、更に、

e) 前記検査領域の第 2 解剖学的画像及び前記検査領域の第 2 線維画像を取得し、

f) 前記第 2 解剖学的画像を、前記検査領域における各組織及び / 又は構造を示す複数のセグメントに分割し、

g) 分割された前記第 2 解剖学的画像において第 2 病変を識別し、

h) 識別された前記第 2 病変を、前記第 2 線維画像における第 2 線維を追跡するために前記追跡アルゴリズムのためのシード点として使用し、

i) 少なくとも前記第 1 病変と前記第 2 病変とを比較し、

j) 前記第 1 病変と前記第 2 病変との間の差分を示すデータを供給し、

ステップ e) ~ j) を所定の収束基準が満たされるまで反復する、

ためにプロセッサにより実行可能であるコンピュータプログラム。

【請求項 1 4】

被検者の検査領域における罹患した領域を自動的に検出する医療機器の作動方法であって、

a) 前記医療機器を制御するプロセッサが、前記検査領域の第 1 解剖学的画像及び前記検査領域の第 1 線維画像を取得するステップであって、第 1 パラメータ及び第 2 パラメータが前記第 1 解剖学的画像及び前記第 1 線維画像の特徴を各々記述するステップと、

b) 前記プロセッサが、前記第 1 解剖学的画像を、前記検査領域における各組織及び / 又は構造を示す複数のセグメントに分割するステップと、
c) 前記プロセッサが、分割された前記第 1 解剖学的画像において、第 1 病変を識別するステップと、
d) 前記プロセッサが、前記第 1 パラメータ及び第 2 パラメータの値を使用して、前記第 1 線維画像における第 1 線維を追跡する追跡アルゴリズムのため、識別された前記第 1 病変におけるシード点を決定するステップと、を有し、該シード点の決定において、前記第 1 病変における各病変の重心を計算することにより、該重心が前記シード点として使用される、
医療機器の作動方法。

10

【請求項 15】

被検者の検査領域における罹患した領域を自動的に検出する医療機器の作動方法であって、

a) 前記医療機器を制御するプロセッサが、前記検査領域の第 1 解剖学的画像及び前記検査領域の第 1 線維画像を取得するステップであって、第 1 パラメータ及び第 2 パラメータが前記第 1 解剖学的画像及び前記第 1 線維画像の特徴を各々記述するステップと、
b) 前記プロセッサが、前記第 1 解剖学的画像を、前記検査領域における各組織及び / 又は構造を示す複数のセグメントに分割するステップと、
c) 前記プロセッサが、分割された前記第 1 解剖学的画像において、第 1 病変を識別するステップと、
d) 前記プロセッサが、前記第 1 パラメータ及び第 2 パラメータの値を使用して、前記第 1 線維画像における第 1 線維を追跡する追跡アルゴリズムのため、識別された前記第 1 病変におけるシード点を決定するステップと、を有し、
更に、

20

e) 前記プロセッサが、前記検査領域の第 2 解剖学的画像及び前記検査領域の第 2 線維画像を取得するステップと、
f) 前記プロセッサが、前記第 2 解剖学的画像を、前記検査領域における各組織及び / 又は構造を示す複数のセグメントに分割するステップと、
g) 前記プロセッサが、分割された前記第 2 解剖学的画像において第 2 病変を識別するステップと、
h) 前記プロセッサが、識別された前記第 2 病変を、前記第 2 線維画像における第 2 線維を追跡するために前記追跡アルゴリズムのためのシード点として使用するステップと、
i) 前記プロセッサが、少なくとも前記第 1 病変と前記第 2 病変とを比較するステップと、
j) 前記プロセッサが、前記第 1 病変と前記第 2 病変との間の差分を示すデータを供給するステップと、

30

前記プロセッサが、ステップ e) ~ j) を所定の収束基準が満たされるまで反復するステップと、

を有する、医療機器の作動方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

40

本発明は、磁気共鳴撮像システムに係り、特に検査領域における病変を自動的に識別する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

白質 (white matter) 病変は、特に高齢患者において広く観察され、認知的及び精神運動的欠陥に関連する。白質変化の認知的影響は、その位置に依存し得、例えば、脳室周囲の白質病変は深い白質病変よりも認知力に一層多く影響を与え得る。従って、白質病変の深刻度、位置及び進行の評価は重要となる。また、白質病変の局所的評価及び統計的分析、並びに該白質病変により影響を受けた (冒された) 白質路 (white matter tracts) 及び皮質上の各目標領域の視覚化も、患者の診断及び予後にとり重要である。

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかしながら、現在のところ、このような分析は、例えば線維（繊維）追跡（fiber tracking）アルゴリズムを構成するために相当の相互処理を必要とする。

【0004】

文献“M. Caligiuri et al., Neuroinformatics 13:261-276 (2015)”は、磁気共鳴撮像を用いて健康老化及び病理における白質高信号又は病変の自動的検出の現状技術を検討している。

【課題を解決するための手段】

【0005】

種々の実施態様は、独立請求項の主題により記述されるような医療機器、コンピュータプログラム製品及び方法を提供する。有利な実施態様は従属請求項に記載されている。本発明の実施態様は、互いに排他的でないなら、互いに自由に組み合わせることができる。

【0006】

種々の実施態様は、被検者の検査領域における罹患した（冒された）領域を自動的に検出する医療機器を提供する。例えば、該医療機器は皮質表面における冒された灰白質（gray matter）領域を検出することができる。該医療機器は、マシン実行可能な命令を格納するメモリと、当該医療機器を制御するプロセッサとを有し、前記マシン実行可能な命令の実行は前記プロセッサに当該機器を制御して、

a) 前記検査領域の第1解剖学的画像及び前記検査領域の第1線維画像を取得させ、その場合において、第1パラメータ及び第2パラメータは前記第1解剖学的画像及び前記第1線維画像の特徴を各々記述し、

b) 前記第1解剖学的画像を、前記検査領域における各組織及び/又は構造を示す複数のセグメントに分割させ、

c) 前記分割された第1解剖学的画像において、第1病変を識別させ、

d) 前記第1及び/又は第2パラメータの値を使用して、前記第1線維画像における第1線維を追跡する追跡アルゴリズムのため、前記識別された第1病変におけるシード点を決定させる。例えば、ステップd)は前記第1及び第2パラメータの値を決定するステップを特に有することができる。

【0007】

例えば、上記シード点は先ず前記第1パラメータの値を用いて（例えば、本明細書で記載される重心法等のシード点を決定する方法を用いて）前記識別された第1病変内に配置することができる。例えば、各シード点を対応する第1病変に配置することができる。一旦シード点が配置されたら、第2パラメータの値を、配置された各シード点と照合する（又は各シード点に関して検証する）ことができ、次いで、該検証に基づいて、当該シード点を線維の追跡のために使用するか又は使用しないかが決定される。

【0008】

ここで使用される“解剖学的画像（anatomical image）”なる用語は、X線、コンピュータ断層撮影（CT）、磁気共鳴撮像（MRI）及び超音波（US）等の方法により解像された解剖学的特徴構造で取得された医療画像を指す。追跡される第1線維は、第1病変で開始し又は第1病変を通過して罹患した第1皮質領域に到る。第1解剖学的画像及び第1線維画像は位置合わせされる。

【0009】

シード点が識別された第1病変の所与の第1病変に先ず位置決め又は配置され、該配置されたシード点を追跡アルゴリズムのための開始点として使用するか又は使用しないかの比較（又は第2パラメータの評価）に基づく判断がなされるように、前記第1解剖学的画像及び第1線維画像の特徴を使用すべく、該第1解剖学的画像及び第1線維画像は、同時に又は同時的に、自動的にスキャンすることができる。上記比較は、例えば、当該シード点を配置し、該シード点に関して第2パラメータの値を閾値と比較するステップを有するこ

10

20

30

40

50

とができる。

【 0 0 1 0 】

第 1 線維画像は、例えば、拡散テンソル撮像、拡散強調撮像又は拡散テンソル・トラクトグラフィ技術を用いて取得することができる。

【 0 0 1 1 】

ここで使用される“病変 (lesion)”なる用語は、通常は疾病又は精神的な外傷に起因する、患者の身体等の器官の組織における異常を指す。病変は、口、皮膚及び脳内又は腫瘍が発生し得る何処かのように、軟組織 (脂肪組織、筋肉、皮膚、神経、血管、椎間板等)、骨質 (脊柱、頭蓋骨、骨盤、肋骨等) 又は器官 (肺、前立腺、甲状腺、腎臓、脾臓、肝臓、乳房、子宮等) からなる身体内で発生し得る。また、“病変”なる用語は、口腔咽頭、副腎、10 睪丸、子宮頸部、脊髄又は卵巣腫瘍等の癌性疾患、並びに皮膚に (メラノーマ) 及び肺、前立腺、甲状腺、腎臓、脾臓、肝臓、乳房、子宮等の内部に位置する腫瘍又は癌腫に起因する異常も指す。

【 0 0 1 2 】

ここで使用される“線維 (fiber)”なる用語は、例えば前記第 1 線維画像等の線維画像のボクセルからボクセルへと辿ることができる試料を経る線維経路を指す。当該線維は、例えば、神経線維、筋肉繊維又はス様な線維の束を有することができる。“線維”なる用語は、単一の線維又は線維の束を意味することができる。線維追跡 (例えば、トラクトグラフィ: tractography) は、種々の追跡アルゴリズムに基づくものとして行うことができる。例えば、線維軌道は、当該シード点から開始して、局部的近傍における拡散テンソルに基づいた三次元でのボクセルからボクセルへと追跡された主軸方向に基づくものであり得る。線維方向は、主軸方向を辿ることによりマッピングされ、主軸方向が変化するとボクセルエッジで変化する。副ボクセルベースの追跡方法、高解像度線維追跡 (HDF T) 法、確率的方法及び線維追跡が開始されるべき適切なシードボクセルの選択に関連する方法を含み、種々の追跡方法を同様に使用することができる。20

【 0 0 1 3 】

例えば、前記検査領域は患者の脳を有することができる。例えば、前記病変は白質病変を有し得る。

【 0 0 1 4 】

一例において、本方法は医師が運動又は言語に影響を与える神経路を保護しようと試みる場合に適用することができる。このような場合においては、処置の間において特定の神経路を保存するために、該特定の神経路を識別及び視覚化する (手術前計画に関係して) ことが重要である。30

【 0 0 1 5 】

前述したフィーチャは、手動的介入無しで自動的な線維 (例えば、白質線維) の追跡を可能にするという利点を有し得る。このことは、特に相当の数の病変 (例えば、白質病変) の場合に、手動的介入の面倒な手順を回避することができる。特に、解剖学的関心領域における全ての白質病変を手動的に扱うことは不可能であると思われる。

【 0 0 1 6 】

他の利点は、本方法が手動的方法と比較して線維を追跡する処理を高速化することができることと共に、正確且つ信頼性のある結果を提供することができることであり得る。40

【 0 0 1 7 】

一実施態様によれば、前記第 1 パラメータは、前記識別された病変の大きさ、ボクセル輝度、数及び部分体積 (fractional volume) のうちの少なくとも 1 つを有する。例えば、識別された第 1 病変の各第 1 病変は当該第 1 解剖学的画像における対応する複数のボクセルをカバーすることができ、該複数のボクセルの各ボクセルはボクセル輝度を有する。前記第 2 パラメータは、前記第 1 線維画像における拡散の方向及び拡散の大きさのうちの少なくとも 1 つを有する。第 1 線維画像は拡散強調画像を有することができる。

【 0 0 1 8 】

前記シード点は、前記識別された第 1 病変からのみならず、前記第 1 線維画像も用いて決50

定される。例えば、シード点は所与の識別された第 1 病変（例えば、該所与の識別された病変を表すボクセルのうちの最高又は最低輝度を有するボクセル）に先ず配置することができ、該シード点を当該追跡のために使用する前に、第 2 パラメータの値をチェックすることができる。例えば、第 1 線維画像における拡散方向に基づいて、当該シード点が、これら拡散方向のうちの少なくとも 1 つに整合するかを判断することができる。この場合において、整合するなら、該シード点は追跡のために使用される。このことは、検査領域における罹患した領域（例えば、罹患した灰白質領域）を自動的に正確に検出するという技術的利点を有し得る。

【 0 0 1 9 】

種々の実施態様は医療機器を提供し、該医療機器はマシン実行可能な命令を格納するメモリと、当該医療機器を制御するプロセッサとを有し、前記マシン実行可能な命令の実行は前記プロセッサに当該機器を制御して、

10

- a) 検査領域の第 1 解剖学的画像及び前記検査領域の第 1 線維画像を取得させ、
- b) 前記第 1 解剖学的画像を、前記検査領域における各組織及び / 又は構造を示す複数のセグメントに分割させ、
- c) 前記分割された第 1 解剖学的画像において、第 1 病変を識別させ、
- d) 前記識別された第 1 病変を、前記第 1 線維画像における第 1 線維を追跡する追跡アルゴリズムのためのシード点として使用させる。

【 0 0 2 0 】

一実施態様によれば、前記マシン実行可能な命令の実行は、更に、前記プロセッサに当該機器を制御して、

20

- e) 前記検査領域の第 2 解剖学的画像及び前記検査領域の第 2 線維画像を取得させ、
- f) 前記第 2 解剖学的画像を、前記検査領域における各組織及び / 又は構造を示す複数のセグメントに分割させ、
- g) 前記分割された第 2 解剖学的 (M R) 画像において、第 2 病変を識別させ、
- h) 前記識別された第 2 病変を、前記第 2 線維画像における第 2 線維を追跡するために前記追跡アルゴリズムのためのシード点として使用させ、
- i) 少なくとも前記第 1 病変と第 2 病変とを比較させ、
- j) 撮像された第 1 病変と第 2 病変との間の差分を示すデータを供給させると共に、ステップ e) ~ j) を所定の収束基準が満たされるまで反復させる。

30

【 0 0 2 1 】

例えば、ステップ i) は、前記追跡された第 1 線維と第 2 線維とを比較するステップを更に有することができる。他の例において、ステップ i) は、前記検査領域が脳を有する場合、該検査領域における罹患した第 1 皮質領域と第 2 皮質領域とを比較するステップを更に有することができる。

【 0 0 2 2 】

例えば、ステップ j) は、第 1 病変第 2 病変との間の、罹患した第 1 線維と第 2 線維との間の及び / 又は罹患した第 1 皮質領域と第 2 皮質領域との間の差分を示すデータを供給するステップを更に有することができる。例えば、前記複数の第 1 病変のうちの第 1 病変が前記第 1 解剖学的画像の画像取得と第 2 解剖学的画像の画像取得との間の時間間隔の間に

40

において成長し、且つ、この成長が当該罹患した第 1 線維の方向に生じた場合、当該罹患した第 1 皮質領域に対する該病変の成長の影響は小さいであろう。対照的に、上記病変の成長が主に前記罹患した第 1 線維に垂直な方向に生じた場合、該病変成長は更なる線維に影響を与え得るものであり、従って、当該罹患した第 1 皮質領域も成長し得る。

【 0 0 2 3 】

例えば、ステップ e) ~ j) の反復は、周期的に（例えば、毎年等）自動で実行させることができる。他の例において、ステップ e) ~ j) の反復は、当該医療機器のユーザにより起動することができる。例えば、ステップ e) ~ j) は、縦断的（長期的）分析を行うために 2 組の画像に対して実行することができる。第 1 組の画像は、前記第 1 解剖学的画像及び前記第 1 線維画像を有する。第 2 組の画像は、前記第 2 解剖学的画像及び前記第 2

50

線維画像を有する。第 1 組の画像は第 1 時点で取得又は収集され、第 2 組の画像は第 2 時点で取得又は収集される。第 1 及び第 2 組の画像は、画像組の貯えから選択又は選定することができる。例えば、該画像組の貯えは、3 組以上の画像を有することができる。当該 2 組の画像の選択は、ランダムなもの又はユーザが定義した基準に基づくものとすることができる。該 2 組の画像は、縦断的分析を実行する前に、位置合わせすることができる。

【 0 0 2 4 】

各繰り返し又は反復に対して、ステップ e) は前記検査領域の現在の解剖学的画像及び現在の線維画像を取得するステップを有する。例えば、ステップ e) において使用される 2 つの画像は共に、該ステップ e) の実行が行われる時点より前に所定の最大時間間隔で生成され、再構成され又は発生されたものであり得る。

10

【 0 0 2 5 】

ステップ e) ~ j) の反復は同一の又は異なる患者に対して実行することができ、その場合において、ステップ e) で使用される 2 つの画像は、異なる患者の場合、各患者に関連するものとすることができる。各反復における 2 つの画像の取得は、同一の検査領域（例えば、脳）に対して実行される。異なる患者に対するステップ e) ~ j) の反復は、2 人の患者の間の病変の量及び / 又は進行を比較する等のテスト目的のために有用であり得る。

【 0 0 2 6 】

前記撮像された第 1 病変と第 2 病変との間の差分を示すデータの供給は、当該医療機器の表示装置上のグラフィックユーザインターフェースに該差分を示すデータを表示するステップを有することができる。該差分は、例えば、当該撮像された第 1 病変と第 2 病変との間の相対的差分及び / 又は絶対的差分により定量化することができる。当該撮像された第 1 病変と第 2 病変との間の差分とは、第 1 及び第 2 病変の特徴を記述するパラメータの値の間の差分を指す。例えば、当該パラメータは、病変の体積、識別された複数の病変の全体積、識別された病変の数、及び / 又は皮質領域に対する白質病変体積の比（例えば、第 1 皮質領域に対する第 1 病変の体積の比及び / 又は第 2 皮質領域に対する第 2 病変の体積の比）を有することができ、所定の閾値より大きな該比の値は線維に沿う病変の成長を示す一方、上記所定の閾値より小さな該比の値は線維を横切る領域の成長を示し得る。例えば、表示される差分に加えて、大きさ、数、部分体積等の当該各病変（例えば、関心領域における）の特徴を表す領域毎のプロファイルを発生し、前記グラフィックユーザインターフェース上に表示することができる。当該パラメータの値は、例えば脳の場合、当該識別された（第 1 及び第 2 ）病変を、当該病変を通過して脳の皮質領域に向かう線維束の向きに対する拡張に関して分析することにより得ることができる。冒された皮質表面又は領域も、当該グラフィックユーザインターフェース上に表示することができる。当該パラメータの値は、該グラフィックユーザインターフェース上に表示することができる。特に、この実施態様は、例えば同一の患者に関する、識別された病変の罹患した皮質領域に対する時間にわたる進行を決定するための効率的な方法を提供することができる。

20

30

【 0 0 2 7 】

他の利点は、本方法が自動的な縦断的分析を可能にし得るという事実に存在し、このことは従来の “ その場限りの ” 方法と比較して縦断的分析の全体的処理を高速化することができる。

40

【 0 0 2 8 】

一実施態様によれば、前記収束基準は、前記撮像された第 1 病変と第 2 病変との間の差分が所定の閾値より小さいこと；ステップ j) の実行に際して停止信号を受信すること；前記第 2 病変の数が前記第 1 病変の数に等しいこと；のうちの少なくとも 1 つを有する。例えば、上記停止信号は当該医療機器のユーザにより起動することができる。ユーザは、前記グラフィックユーザインターフェースにおける該停止信号を起動させるユーザインターフェース要素を選択することができる。この実施態様は、停止信号がランダムに起動され、該停止が早過ぎたことが分かった場合に追加の試行又は反復の必要性を惹起し得る場合と比較して、当該縦断的分析処理を更に高速化することができる。他の例において、当該収束基準は、前記反復を実行する前に事前に定義することができる。例えば、種々の時点

50

における撮像データの取得は、通常は医師により定義されたように、第1時点（ベースライン、 t_0 ）において、次いで第2時点において（半年又は1年後）、及び恐らくは第3時点において（更に半年又は1年後）実行することができる。この場合、当該画像取得の繰り返し数は、医師又は当該医療機器のユーザにより予め定められるように、1又は2に制限することができる。

【0029】

一実施態様によれば、前記マシン実行可能な命令の実行は、前記プロセッサに前記機器を制御して前記第1解剖学的画像の関心領域における前記追跡を実行させる。このことは、追跡処理を高速化させることができると共に、さもなければ第1解剖学的画像全体において追跡を実行させるために要する処理資源を節約することができる。

10

【0030】

例えば、当該追跡は複数の関心領域において反復的に実行することができる。該複数の関心領域は、第1解剖学的画像の解剖学的構造に基づいて又は他の基準（例えば、ユーザが定義した基準）に基づいて選択又は選定することができる。

【0031】

一実施態様によれば、前記関心領域は、ユーザにより定義されるか又は自動的に選択される。自動的選択は、当該追跡処理を更に高速化することができる。ユーザにより定義される関心領域は、さもなければ正しい関心領域を定義するための複数の（自動的）試行のために要する処理資源を節約することができる。

【0032】

一実施態様によれば、前記第1解剖学的画像は磁気共鳴（MR）画像を有し、前記第1線維画像は拡散強調画像（diffusion weighted image）を有する。

20

【0033】

一実施態様によれば、当該医療機器は前記被検者から磁気共鳴データを取得するための磁気共鳴撮像（MRI）システムを更に有し、該磁気共鳴撮像システムは、撮像ゾーン内にB0磁場を発生させる主磁石並びに前記メモリ及び前記プロセッサを有し、前記マシン実行可能な命令の実行は前記プロセッサに前記MRIシステムを制御して同一又は異なるスキャンにおいて前記MR画像及び前記拡散強調画像を取得させる。

【0034】

これらの実施態様は、既存のMRIシステムに本方法を継ぎ目なく統合させるという利点を有している。

30

【0035】

一実施態様によれば、前記マシン実行可能な命令の実行は、更に、前記プロセッサに前記MR画像及び前記拡散強調画像を異なるスキャンにおいて取得させると共に、ステップa)～d)を実行する前に、該MR画像及び該拡散強調画像を位置合わせさせる。このことは、線維の信頼性があり且つ正確な識別及び追跡をもたらすことができる。

【0036】

一実施態様によれば、前記マシン実行可能な命令の実行は、更に、前記プロセッサに前記複数の病変の各（分割された）病変の重心を計算させると共に該重心を前記シード点として使用させる。このことは、本方法の線維追跡精度を更に向上させることができる。

40

【0037】

一実施態様によれば、前記マシン実行可能な命令の実行は、更に、前記プロセッサにステップa)～d)を自動的に実行させる。

【0038】

一実施態様によれば、前記供給されるデータは、前記第1及び第2病変の大きさ、数、部分体積等の該（第1及び第2）病変の特徴を有する。

【0039】

一実施態様によれば、前記第1病変は白質病変を有し、前記検査領域は脳を有する。

【0040】

種々の実施態様は、被検者の検査領域における罹患した領域を自動的に検出するためのコ

50

ンピュータプログラム製品を供給し、該コンピュータプログラム製品はプログラム命令が具現化されたコンピュータ読取可能な媒体を有し、前記プログラム命令は、

a) 前記検査領域の第1解剖学的画像及び前記検査領域の第1線維画像を取得し、その場合において、第1パラメータ及び第2パラメータは前記第1解剖学的画像及び前記第1線維画像の特徴を各々記述し、

b) 前記第1解剖学的画像を、前記検査領域における各組織及び/又は構造を示す複数のセグメントに分割し、

c) 前記分割された第1解剖学的画像において、第1病変を識別し、

d) 前記第1及び/又は第2パラメータの値を使用して、前記第1線維画像における第1線維を追跡する追跡アルゴリズムのため、前記識別された第1病変におけるシード点を決定する、

10

ようにプロセッサにより実行可能である。

【0041】

種々の実施態様は、

a) 被検者の検査領域の第1解剖学的画像及び前記検査領域の第1線維画像を取得するステップと、

b) 前記第1解剖学的画像を、前記検査領域における各組織及び/又は構造を示す複数のセグメントに分割するステップと、

c) 前記分割された第1解剖学的画像において、第1病変を識別するステップと、

d) 前記第1及び/又は第2パラメータの値を使用して、前記第1線維画像における第1線維を追跡する追跡アルゴリズムのため、前記識別された第1病変におけるシード点を決定し、該シード点を使用するステップと、

20

を有する方法を提供する。

【0042】

1以上のコンピュータ読取可能な媒体の如何なる組み合わせも用いることができる。該コンピュータ読取可能な媒体は、コンピュータ読取可能な信号媒体又はコンピュータ読取可能な記憶媒体であり得る。ここで使用される“コンピュータ読取可能な記憶媒体”とは、計算装置のプロセッサにより実行可能な命令を記憶することができる如何なる有形記憶媒体をも含む。該コンピュータ読取可能な記憶媒体は、コンピュータ読取可能な非一時的記憶媒体と称することができる。上記コンピュータ読取可能な記憶媒体は、有形コンピュータ読取可能な媒体と称することもできる。幾つかの実施態様において、コンピュータ読取可能な記憶媒体は、計算装置のプロセッサによりアクセスすることができるデータを記憶することもできる。コンピュータ読取可能な記憶媒体の例は、これらに限定されるものではないが、フロッピーディスク、磁気ハードディスクドライブ、固体ハードディスク、フラッシュメモリ、USBメモリ(USB thumb drive)、ランダムアクセスメモリ(RAM)、リードオンリメモリ(ROM)、光ディスク、光磁気ディスク及びプロセッサのレジスタファイルを含む。光ディスクの例は、コンパクトディスク(CD)、デジタル汎用ディスク(DVD)、例えばCD-ROM、CD-RW、CD-R、DVD-ROM、DVD-RW又はDVD-Rディスクを含む。コンピュータ読取可能な記憶媒体なる用語は、ネットワーク又は通信リンクを介して当該計算装置によりアクセスすることが可能な種々のタイプの記録媒体も指す。例えば、データはモデムを介して、インターネットを介して又はローカルエリアネットワークを介して取り出すことができる。コンピュータ読取可能な媒体上に具現化されたコンピュータ実行可能なコードは、これらに限定されるものではないが、無線、有線、光ファイバケーブル、RF等、又はこれらの何らかの適切な組み合わせを含む如何なる適切な媒体を用いて伝送することもできる。

30

40

【0043】

コンピュータ読取可能な信号媒体は、コンピュータ実行可能なコードが内部に(例えば、ベースバンド内に又は搬送波の一部として)具現化された伝搬されるデータ信号を含むことができる。このような伝搬される信号は、これらに限定されるものではないが、電磁的、光学的又はこれらの何れかの適切な組み合わせのものを含む種々の形態の何れかをとる

50

ことができる。コンピュータ読取可能な信号媒体は、コンピュータ読取可能な記憶媒体ではなく、且つ、命令実行システム、装置若しくはデバイスにより又はこれらに関連して使用するためのプログラムを通知、伝搬又は伝送することができる如何なるコンピュータ読取可能な媒体とすることもできる。

【 0 0 4 4 】

“ コンピュータメモリ ” 又は “ メモリ ” は、コンピュータ読取可能な記憶媒体の一例である。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如何なるメモリでもある。 “ コンピュータ記憶部 ” 又は “ 記憶部 ” は、コンピュータ読取可能な記憶媒体の他の一例である。コンピュータ記憶部は、如何なる不揮発性コンピュータ読取可能な記憶媒体でもある。幾つかの実施例において、コンピュータ記憶部はコンピュータメモリとすることもでき、その逆も同様である。

10

【 0 0 4 5 】

ここで使用される “ ユーザインターフェース ” とは、ユーザ又は操作者がコンピュータ又はコンピュータシステムと対話することを可能にするインターフェースである。 “ ユーザインターフェース ” は、 “ ヒューマンインターフェース装置 ” と称することもできる。ユーザインターフェースは、情報若しくはデータを操作者に供給し、及び / 又は操作者から情報若しくはデータを受信することができる。ユーザインターフェースは、操作者からの入力がコンピュータにより受信されることを可能にし得ると共に、コンピュータからユーザに出力を供給することができる。言い換えると、ユーザインターフェースは操作者がコンピュータを制御又は操作することを可能にし得ると共に、該インターフェースはコンピュータが操作者の制御又は操作の効果を示すことを可能にし得る。ディスプレイ又はグラフィックユーザインターフェース上でのデータ又は情報の表示は、操作者への情報の供給の一例である。上記ディスプレイは、例えば、タッチ感性表示装置を有することができる。

20

【 0 0 4 6 】

ここで使用される “ ハードウェアインターフェース ” は、コンピュータシステムのプロセッサが外部計算デバイス及び / 又は装置と対話し、及び / 又は斯かる計算デバイス及び / 又は装置を制御することを可能にするインターフェースを含む。ハードウェアインターフェースは、プロセッサが外部計算デバイス及び / 又は装置に制御信号又は命令を送信することを可能にし得る。ハードウェアインターフェースは、プロセッサが外部計算デバイス及び / 又は装置とデータを交換することも可能にし得る。ハードウェアインターフェースの例は、これらに限定されるものではないが、汎用直列バス、IEEE 1394ポート、パラレルポート、IEEE 1284ポート、直列ポート、RS-232ポート、IEEE 488ポート、ブルートゥース（登録商標）接続、無線ローカルエリアネットワーク接続、TCP/IP接続、イーサネット（登録商標）接続、制御電圧インターフェース、MIDIインターフェース、アナログ入力インターフェース及びデジタル入力インターフェースを含む。

30

【 0 0 4 7 】

ここで使用される “ プロセッサ ” とは、プログラム又はマシン実行可能な命令を実行することができる電子部品を含む。 “ プロセッサ ” を有する計算装置を参照する場合、2 以上のプロセッサ又は処理コアを可能性として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・プロセッサであり得る。プロセッサは、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間に分散された一群のプロセッサを指すこともできる。計算装置（コンピュータ装置）なる用語は、各々がプロセッサ若しくは複数のプロセッサを有する計算装置の集合又はネットワークを可能性として指すとも解釈されるべきである。多くのプログラムは、自身の命令を、同一の計算装置内にあり得るか又は複数の計算装置の間に分散され得る複数のプロセッサにより実行させる。

40

【 0 0 4 8 】

磁気共鳴撮像データとは、ここでは、磁気共鳴撮像スキャンの間における磁気共鳴装置のアンテナによる、被検者 / 被検体の原子スピンにより放出されたラジオ周波数信号の記録された測定値であると定義される。磁気共鳴撮像（MRI）画像とは、ここでは、上記磁気共鳴撮像データ内に含まれる解剖学的データの再構成された二次元又は三次元視覚化で

50

あると定義される。この視覚化はコンピュータを用いて実行することができる。

【 0 0 4 9 】

本発明の上述した実施態様の 1 以上は、組み合わせられる実施態様が互いに排他的でない限り、組み合わせることができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 5 0 】

【図 1】図 1 は、磁気共鳴撮像システムを示す。

【図 2】図 2 は、検査領域における病変を自動的に識別する方法のフローチャートである。

【図 3】図 3 は、縦断的解析を実行するための例示的方法のフローチャートである。

【図 4】図 4 は、医療機器を説明した機能ブロック図を示す。

10

【図 5】図 5 は、白質病変により影響を受けた白質線維の概略的視覚化を示す。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 5 1 】

以下、本発明の好ましい実施態様を、図面を参照して例示のみとして説明する。

【 0 0 5 2 】

以下の説明において、各図における同様の符号の要素は同様の要素であるか又は同等の機能を果たす。また、前に説明された要素は、機能が同等であれば、後の図において必ずしも説明されることはない。

【 0 0 5 3 】

種々の構造、システム及び装置は、説明のみの目的で、従って当業者により良く知られた細部により本発明を不明瞭にしないために各図では概略的に図示されている。それにも拘わらず、添付図面は、開示される主題の解説例を記述及び説明するために含まれている。

20

【 0 0 5 4 】

本開示は、例えば拡散テンソル撮像 MRI (DTI-MRI) 画像からの白質脳病変の解析の進化した方法に関するものであり得る。縦断的解析を、白質内の病変の現 DTI-MR 画像における早期の DTI-MR 画像における対応する識別された病変に基づく分割に基づいて実行することができる。更に、識別された病変の進行は、例えば、皮質領域まで当該病変を貫通する線維束の向きに対する該病変の拡張に関して分析される。本開示の他の態様は、当該関心領域における病変の大きさ、数、部分体積 (fractional volume) 等の特徴を表す領域毎のプロファイルを発生することである。この領域毎のプロファイルも、更新された画像に基づいて随時更新される。本開示は、実際には、体積的位置合わせよりも高速であり得る皮相メッシュ位置合わせに基づいて可能にされ得る。

30

【 0 0 5 5 】

図 1 は、磁気共鳴撮像システム 100 を示す。該磁気共鳴撮像システム 100 は磁石 104 を有する。磁石 104 は、内部にボア 106 を備えた超伝導円筒型磁石 104 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、当該磁石のアイソ面へのアクセスを可能にするために低温槽が 2 つの部分に分割されていることを除き、標準的円筒磁石と同様である。このような磁石は、例えば、荷電粒子ビーム治療に関連して用いることができる。開放型磁石は、撮像されるべき被検者 118 を収容する程度に十分に大きな空間を間に挟んだ上下の 2 つの磁石部分を有するもので、該 2 つの部分の配置はヘルムホルツコイルのものに類似する。開放型磁石は、被検者が余り制限されないのが一般的である。円筒磁石の低温槽内部には、超伝導コイルの集合が存在する。円筒磁石 104 のボア 106 内には撮像ゾーン 108 が存在し、該ゾーンでは、磁場は磁気共鳴撮像を行うほど十分に強く且つ均一である。

40

【 0 0 5 6 】

当該磁石のボア 106 内には、該磁石 104 の撮像ゾーン 108 内の目標ボリュームの磁気スピンを空間的にエンコードするために磁気共鳴データを収集する間に使用される一群の勾配磁場コイル 110 も存在する。これら勾配磁場コイル 110 は、勾配磁場コイル電源 112 に接続される。勾配磁場コイル 110 は代表的なものであることを意図している

50

。典型的に、勾配磁場コイル 110 は 3 つの直交する空間方向にエンコードするための 3 つの別個の群のコイルを含んでいる。勾配磁場電源は、これら勾配磁場コイルに電流を供給する。勾配磁場コイル 110 に供給される電源は、時間の関数として制御され、傾斜されるか又はパルス状とされ得る。

【0057】

MRI システム 100 は、更に、RF 励起パルスを発生するために撮像ゾーン 108 に隣接して被検者 118 の位置に RF コイル 114 を有する。RF コイル 114 は、例えば、一群の表面コイル又は他の特化された RF コイルを含むことができる。RF コイル 114 は、RF パルスの送信のため及び磁気共鳴信号の受信のために交互に使用することができる。例えば、RF コイル 114 は複数の RF 送信コイルを有する送信アレイコイルとして実施化することができる。RF コイル 114 は 1 以上の RF 増幅器 115 に接続される。

10

【0058】

勾配磁場コイル電源 112 及び RF 増幅器 115 は、コンピュータシステム 126 のハードウェアインターフェース 128 に接続される。コンピュータシステム 126 は、更に、プロセッサ 130 を有する。プロセッサ 130 は、ハードウェアインターフェース 128、ユーザインターフェース 132、コンピュータ記憶部 134 及びコンピュータメモリ 136 に接続される。

【0059】

コンピュータメモリ 136 は、制御モジュール 160 を格納するように図示されている。制御モジュール 160 は、プロセッサ 130 が当該磁気共鳴撮像システム 100 の動作及び機能を制御することを可能にするコンピュータ実行可能なコードを含む。該制御モジュールは、磁気共鳴データ及び / 又は拡散強調 (diffusion weighted) データの収集等の当該磁気共鳴撮像システム 100 の基本動作も可能にする。

20

【0060】

MRI システム 100 は、校正及び / 又は物理スキャナにおいて患者 118 から撮像データを取得するように構成することができる。

【0061】

コンピュータメモリ 136 は、プロセッサ 130 により実行された場合に該プロセッサに図 2 及び図 3 の方法の少なくとも一部を実行させる命令を有した病変検出アプリケーション 119 を記憶するように構成されている。

30

【0062】

図 2 は被検者 (例えば、118) の検査領域における罹患領域を自動的に検出する方法のフローチャートである。

【0063】

ステップ 201 において、当該検査領域の第 1 解剖学的画像及び該検査領域の線維の第 1 画像 (第 1 線維画像) を取得することができる。第 1 解剖学的画像は、例えば、T1 強調若しくは T2 強調 MR 画像又はプロトン密度強調 (PD) 若しくは液体減衰反転回復 (FLAIR) MR 画像を有することができる。第 1 線維画像は拡散強調画像等を有する。

【0064】

第 1 解剖学的画像及び第 1 線維画像の取得は、ユーザから該第 1 解剖学的画像及び第 1 線維画像を受信するステップを有することができる。ここで使用される “ユーザ” なる用語は、例えば、個人、コンピュータ又はコンピュータ上で実行して第 1 解剖学的画像及び第 1 線維画像を処理するリクエストを入力若しくは発するアプリケーション等の主体を指すことができる。

40

【0065】

第 1 解剖学的画像及び第 1 線維画像の受信は、ユーザにリクエストを送信することに応答するものであり得る。他の例において、第 1 解剖学的画像及び第 1 線維画像の受信は、ユーザが受信された第 1 解剖学的画像及び第 1 線維画像を周期的に又は規則的に送信することができる場合のような、自動的なものであり得る。

50

【 0 0 6 6 】

他の例において、第 1 解剖学的画像及び第 1 線維画像を取得するステップは、記憶装置から第 1 解剖学的画像及び第 1 線維画像を読み取るステップを有し得る。

【 0 0 6 7 】

他の例において、第 1 解剖学的画像及び第 1 線維画像を取得するステップは、MRI システム 100 を制御して当該検査領域の MR データ及び拡散強調画像を取得すると共に、これらデータから同一の又は異なるスキャンにおける MR 画像及び拡散強調画像を各々再構成するステップを有することができ、第 1 解剖学的画像は該 MR 画像を有する一方、第 1 線維画像は該拡散強調画像を有する。MR 画像及び拡散強調画像が異なるスキャンを用いて取得される場合、取得するステップ 201 は、更に、MRI システム 100 を制御して MR 画像及び拡散強調画像を位置合わせするステップを有することができる。

10

【 0 0 6 8 】

ステップ 203 において、第 1 解剖学的画像 209 は当該検査領域における各組織及び / 又は構造を示す複数のセグメント 211 に分割することができる（組織は何処に病変があるかを示すために用いることができる一方、構造は当該病変の解剖学的位置が何処であるか（臓器構造に対して）を示すために用いることができる）。当該検査領域が脳を有する場合、分割された第 1 解剖学的画像の組織は、白質、灰白質（gray matter）、脳脊髄液（CSF）、浮腫及び腫瘍組織のうちの少なくとも 1 つであり得る。

【 0 0 6 9 】

該分割するステップは、第 1 解剖学的画像を、各々が同質（例えば、輝度及び / 又はテクスチャに関して）である領域又はセグメントの継ぎ合わせに分割するステップを有することができる。例えば、当該分割するステップは、第 1 解剖学的画像の個々の要素に対して当該個々の要素が属する組織を示す組織部類を割り当てるステップを有することができる。個々の要素は、ボクセルを有することができる。組織部類は個々の要素に対して、例えば当該組織部類に固有の値（例えば、番号）を割り当てることにより割り当てることができる。例えば、第 1 解剖学的画像の個々の要素は、特定の組織部類の仲間又は一部である確率に従って分類することができる。例えば、当該構造及び組織分割は、同一の又は異なるアルゴリズムにより達成することができる。当該分割のために、例えば、形状制約変形可能モデルを用いることができる。他の例において、当該分割は狭帯域レベルセット法又は最大事後（MAP）確率フレームワークに基づくパターン分類法により実施することができる。

20

30

【 0 0 7 0 】

ステップ 205 において、分割された第 1 解剖学的画像において第 1 病変を識別することができる。第 1 病変は白質病変 213 を有し得る。第 1 病変の識別は、例えば、当該分割された第 1 解剖学的画像を基準画像（例えば、同一被検者 118 及び同一検査領域の病変を有さない画像）と比較することにより実施することができる。これら 2 つの画像の間の差分は第 1 病変を示し得る。病変を識別する他の技術も用いることができる。これら技術は、a）空間的な前の情報（例えば、患者のデータベースから発生される地図帳の形態の）を用いることができ、b）疑われる病変の周囲の局部領域におけるグレイ値分布を分析し、これらの実際の分布を罹患していない領域における分布と比較することができ、c）

40

【 0 0 7 1 】

例えば、識別された各病変に、固有の ID 及び該病変の解剖学的領域に対応するラベルを割り当てることができ、その場合において、該解剖学的領域はステップ 203 の（自動的）分割の結果により識別される。

【 0 0 7 2 】

一例において、ステップ 203 及び 205 は当該検査領域の異なる第 1 解剖学的画像に対して各々実行することができる。例えば、ステップ 203 は画像 1 を分割する一方、ステップ 205 は画像 2 を用いることができる。この場合、2 つの画像 1 及び 2 は、ステップ

50

205を実行する前に位置合わせされねばならない。そのために、2つの画像1及び2（ステップ203における）は、例えば形状制約変形可能モデルの技術を用いて分割することができ、結果として当該2つの画像における解剖学的構造の表面のメッシュ表現が得られるようにする。次いで、両画像に含まれる構造のメッシュ頂点に基づいて、（剛体又はアファイン）変換を計算し、一方の画像の分割されたメッシュを他方の画像の分割されたメッシュに位置合わせすることができる。次いで、この変換は上記一方の画像を他方の画像に位置合わせするために適用することができる。このメッシュ位置合わせは、他の例においても、例えば2つの時点における第1解剖学的画像を有し、位置合わせしなければならない場合、又は2以上の解剖学的方式（例えば、T1及びT2又はフレア）により多方式分割を実行する場合においても用いることができる。

10

【0073】

ステップ207において、識別された第1病変は、第1線維画像における第1線維を追跡する追跡アルゴリズムのためのシード点として用いることができる。例えば、当該識別された第1病変における各病変の重心を計算することができる。結果としての重心は、各病変に関するシード点として用いることができる。他の例において、各病変における最も高い又は最も低い輝度（撮像方式に依存する）を有するボクセルを、各病変のシード点として用いることができる。一例において、ステップ207は、例えば、第1解剖学的画像及び第1線維画像の特徴を各々記述する第1パラメータ及び第2パラメータの値を用いて実行することができる。例えば、第1解剖学的画像及び第1線維画像を自動的に且つ同時に又は同時的にスキャンして、所与の第1病変にシード点を配置すると共に識別された第1病変の当該所与の第1病変にシード点が最初に配置された箇所における第1解剖学的画像及び第1線維画像の間の特徴の比較を実行することができる。該比較に基づいて、配置されたシード点は線維の追跡のために使用されるか又は使用されないものとされ得る。

20

【0074】

例えば候補領域（例えば、第1解剖学的画像の識別された第1病変のうちの1つ）内の所与のシード点を考察しよう。該所与のシード点は1以上のボクセル（例えば、ボクセル $V \times$ ）をカバーし得る。第2パラメータは、第1線維画像内の $V \times$ の対応するボクセルに関して評価することができるか、又は第1線維画像内の $V \times$ の対応するボクセル（これも $V \times$ と称する）を囲む領域に関して評価することができる。第1線維画像は、例えば、拡散テンソル撮像法を用いて取得することができる。第2パラメータは、例えば、第1線維画像内のボクセル $V \times$ におけるテンソルの固有値、見掛け拡散係数、平均拡散率、拡散の方向等を有することができる。例えば、第1線維画像におけるボクセル $V \times$ の平均拡散率が予め定められた閾値より高い場合（例えば、最も速い拡散は当該線維の全体的向きを示す）、当該所与のシード点は許容され、この所与のシード点は該所与のシード点から開始して当該線維を追跡するための追跡アルゴリズムのための入力として用いることができる。他の例において、第1線維画像におけるボクセル $V \times$ に関する拡散テンソルの一群の固有値は可能性として非線形な関数により実軸にマッピングされ、当該所与のシード点は、結果としての値が予め定められた閾値より大きい場合は許容することができる。

30

【0075】

当該追跡アルゴリズムは、例えば、脳内の白質線維を視覚化することを可能にするDTIトラクトグラフィ（DTI Tractography）又はファイバトラック（FiberTrak）を有することができる、多発性硬化症及びてんかん等の疾病に関連する白質内の僅かな変化をマッピングできると共に、統合失調症等の脳神経経路が異常である疾病を評価することができる。

40

【0076】

例えば、当該追跡は第1解剖学的画像の関心領域において実行することができる。関心領域は、ユーザにより定義され又は自動的に選択されるものとすることができる。自動的選択は、例えば、識別された第1病変に割り当てられたID及びラベルを用いて実行することができる。

【0077】

50

例えば、ユーザ又は当該自動選択は基底核 (basal ganglia) 内の全ての白質病変へのアクセスを必要とし得、例えば、当該関心領域は該基底核を有し得る。

【0078】

他の例において、当該追跡は第1解剖学的画像の全領域において実行することができる。

【0079】

一例において、ステップ207は、例えば図5を参照して示されるように、追跡された線維及び/又は病変をグラフィックユーザインターフェースに表示するステップを更に有することができる。

【0080】

前記病変検出アプリケーション119は、実行された場合にステップ201~207を自動的に行う命令を有することができる。

10

【0081】

図3は、縦断的分析を実行するための例示的方法のフローチャートである。図2のステップ201~207を、同一の検査領域の第2解剖学的画像及び同一被検者の同一の検査領域の第2線維画像を用いて繰り返すことができる。この結果、識別された第2病変及び追跡された第2線維並びに当該検査領域が脳を有する場合は第2の罹患した皮質領域が得られる。

【0082】

ステップ301において、第1病変と第2病変とを比較することができ、第1追跡線維と第2追跡線維とを比較することができる。当該検査領域が脳を有する場合、ステップ301は罹患した第1皮質領域と第2皮質領域とを比較するステップを更に有することができる。ステップ301は、例えば、差分画像を計算する、即ち第2線維画像のボクセル輝度を(位置合わせされ且つ対応して正規化された)第1線維画像のボクセル輝度から減算することにより達成することができる。更に、統計的指標(例えば、罹患した線維の全体積)を、これら指標の差と共に、計算し、表示することができる。

20

【0083】

ステップ303において、撮像された第1病変と第2病変との間の差分、及び/又は第1追跡線維と第2追跡線維との間の差分を示すデータを供給することができる。例えば、該差分はグラフィックユーザインターフェース上に表示することができる。例えば、現反復と前反復との間の全体積変化を、図5を参照して示されるように、表示することができる。当該検査領域が脳を有する場合、ステップ303は、罹患した第1及び第2皮質領域を表示するステップを更に有することができる。第1及び第2罹患皮質領域の表示は半透明表示モードで実行することができる一方、第1罹患皮質領域と第2罹患皮質領域との間の交差部は非透明表示モードで表示することができる。このことは、罹患した皮質領域における変化を追跡することを助けることができる。

30

【0084】

ステップ201~303は、所定の収束基準が満たされるまで(質問305)反復することができる。例えば、前記差分の表示は、更に、ユーザがグラフィックユーザインターフェース上の“継続”又は“停止”釦を選択することを催促することができる。“継続”釦の選択は、ステップ201~303の繰り返しを起動することができる。他の例において、繰り返しは所定の表示期間後に自動的に起動することができる。例えば、ユーザが該所定の期間内に反応(例えば、“継続”及び“停止”釦の一方を選択)しない場合、当該方法は繰り返し得る。各反復又は繰り返しに対して、同一の患者又は被検者の同一の検査領域の対応する解剖学的画像及び線維画像を用いることができる。各反復又は繰り返しの結果、識別された各病変及び追跡された線維が得られ得る。

40

【0085】

前記収束基準は、ステップ303を実行する際に停止信号を受信するステップを有することができる。例えば、ユーザは“停止”釦を選択することができる。他の例において、当該繰り返しは、現反復の撮像病変と直前の反復の撮像病変との間の差分が所定の閾値より小さい場合に停止することができる。反復の停止は、当該差分を上記所定の閾値と比較する

50

ことにより自動的に実行することができる。

【 0 0 8 6 】

他の例において、第 2 病変の数が第 1 病変の数と等しい場合、ステップ 2 0 1 ~ 3 0 3 は停止することができる。

【 0 0 8 7 】

図 4 は、本開示による医療機器 4 0 0 を図示した機能ブロック図を示す。

【 0 0 8 8 】

医療機器 4 0 0 は画像処理システム 4 0 1 を有することができる。画像処理システム 4 0 1 の構成要素は、これらに限られるものではないが、1 以上のプロセッサ又は処理ユニット 4 0 3、記憶システム 4 1 1、メモリユニット 4 0 5、及びメモリユニット 4 0 5 を含む種々のシステム構成要素をプロセッサ 4 0 3 に結合するバス 4 0 7 を含むことができる。記憶システム 4 1 1 は、ハードディスクドライブ (H D D) を含むことができる。メモリユニット 4 0 5 は、ランダムアクセスメモリ (R A M) 及び / 又はキャッシュメモリ等の揮発性メモリの形態のコンピュータシステム読取可能な媒体を含むことができる。

【 0 0 8 9 】

画像処理システム 4 0 1 は、典型的に、種々のコンピュータシステム読取可能な媒体を含む。このような媒体は、画像処理システム 4 0 1 によりアクセス可能な如何なる利用可能な媒体とすることもでき、揮発性及び不揮発性の両媒体、取り外し可能な及び取り外し不能な媒体を含む。

【 0 0 9 0 】

画像処理システム 4 0 1 は、キーボード、ポインティング装置、ディスプレイ 4 1 3 等の 1 以上の外部装置 ; ユーザが画像処理システム 4 0 1 と対話することを可能にする 1 以上の装置 ; 及び / 又は画像処理システム 4 0 1 が 1 以上の他のコンピュータ装置と通信することを可能にする何らかの装置 (例えば、ネットワークカード、モデム等) と通信することもできる。このような通信は、I / O インターフェース (又は複数の I / O インターフェース) 4 1 9 を介して行うことができる。更に、画像処理システム 4 0 1 は、ネットワークアダプタ 4 0 9 を介して、ローカルエリアネットワーク (L A N)、一般的広域ネットワーク (W A N) 及び / 又は公開ネットワーク (例えば、インターネット) 等の 1 以上のネットワークと通信することができる。図示された様に、ネットワークアダプタ 4 0 9 は、バス 4 0 7 を介して画像処理システム 4 0 1 の他の構成要素と通信する。

【 0 0 9 1 】

メモリユニット 4 0 5 は、プロセッサ 4 0 3 上で実行可能なアプリケーションを記憶するように構成される。例えば、メモリユニット 4 0 5 はオペレーティングシステム及びアプリケーションプログラムを有することができる。アプリケーションプログラムは、例えば、前記病変検出アプリケーション 1 1 9 を有する。病変検出アプリケーション 1 1 9 は、実行された場合に該病変検出アプリケーション 1 1 9 が本開示に従って処理されるべき (図 2 及び図 3 を参照して説明したように) 既存の 2 つの画像を入力として受け、又は斯かる画像にアクセスするような命令を有する。斯かる命令の実行は、更に、プロセッサ 4 0 3 にディスプレイ 4 1 3 上にグラフィックユーザインターフェースを表示させることができる。

【 0 0 9 2 】

図 5 は、ユーザにより定義された解剖学的領域 5 0 1 における白質病変により冒された白質線維 5 0 3 の概略的視覚化及び選択された白質病変の統計的分析の結果 5 0 5 の表示を示している。

【 0 0 9 3 】

当該統計的分析は識別された白質病変 (例えば、関心領域における) に対して実行することができる、これら白質病変により冒された白質線維が抽出される。結果は、都合の良いフォーマットで視覚化される。例えば、選択された白質病変は、罹患した (冒された) 線維路上に重ね合わせることができる。更に、患者の解剖学的構造を半透明的に重ね合わせることができる。代わりに、選択された関心領域の表面 (自動分割アルゴリズムから抽出さ

10

20

30

40

50

れた)を半透明的に重ね合わせることにもできる。選択された関心領域における白質病変の統計的評価は、例えば、白質病変の数、これら病変の全体積、これら病変の部分体積(当該領域の全体積により除算された白質病変の全体積)、基準データベースに対する及び/又は当該患者の前のスキャンに対する統計指標の比較等を有することができる。該統計的評価の結果は、グラフィック的又はテキスト的形で都合良く視覚化される(505)。グラフィック的表現の一例として、部分体積は“ヒートマップ”の形で視覚化することができ、全体積は棒グラフとして視覚化することができ、等々である。

【0094】

以下では、白質病変及び罹患した線維を識別するための他の例示的方法が説明される。この方法は、解剖学的関心領域における全ての白質病変を効率的な態様で処理するという利点を有し得る。この方法は、白質病変の大きさ、数、点数、部分体積、基準データベース又は前のスキャンに対する偏差のパーセンテージ等の統計的指標の自動的な局所的又は全体的分析を提供することができる(“局所的”とは、基底核等の解剖学的関心領域を指す)。また、単一の(又は全ての)白質病変の関連する(罹患した)線維及び全体の解剖学的構造と一緒に視覚化は、白質病変の評価及び罹患した線維の視覚化のための解剖学的関心領域を選択するという便利且つ効率的な方法で提供される。

【0095】

この方法は、位置合わせされたMR D T I画像における自動的線維追跡のための解剖学的関心領域(例えば、MR T1画像からの)内の白質病変への自動化されたシード点配置からなり得る。本方法は、更に、ユーザが選択した関心領域に含まれる白質病変の選択及び視覚化、対応する(即ち、冒された)白質路の視覚化並びに基となる解剖学的構造の視覚化(半透明の)を含む。加えて又は代わりに、選択された(皮質下の)領域の表面の視覚化も提供することができる。本方法は、更に、領域毎の白質病変プロファイルの自動的発生、例えば大きさ、数、部分体積(選択された領域内の白質病変の、該領域の体積により除算された体積)、基準データベース又は前のスキャンに対する偏差のパーセンテージ等を決定すること;ユーザによりカスタマイズされるべき種々の形態(例えば、テキスト形態又はグラフィック形態)での便利なユーザインターフェースにおける視覚化/表示を有することができる。

【0096】

該方法は、以下のステップを有することができる:

- 関連する解剖学的構造及び領域を有する自動分割アルゴリズムを、解剖学的画像(例えば、患者の例えば脳のMR T1画像)に適用することができる。
- 選択された従来のアルゴリズムを用いて当該白質病変に自動的に注記を付す。注記を付された各病変に対して、固有のID及び該病変の解剖学的領域に対応するラベルを割り当てることができる、その場合において、当該解剖学的領域は前記自動分割の結果により識別される(白質病変及び自動分割が異なる画像において決定された場合、当該2つの画像は現状技術の位置合わせアルゴリズムを用いて位置合わせされねばならない)。
- 注記付けされた各白質病変(例えば、連結成分分析により識別された)に対して、重心が計算される(代わりに、例えば拡張した白質病変の場合、該白質病変の範囲をカバーする点の稠密集合を決定することができる)。これらの点は、位置合わせアルゴリズムを用いて解剖学的画像に位置合わせされたMR D T I画像に適用される線維追跡アルゴリズムのためのシード点として連続して使用される。このようにして、個々の白質病変を通過する白質路が自動的に決定される。更に、決定された白質路に対して、対応する白質病変の解剖学的領域を示すラベルが割り当てられる。
- 次いで、ユーザは、前記分割アルゴリズムによりサポートされ得る解剖学的関心領域を便利なユーザインターフェース(前述したグラフィックユーザインターフェース)において選択することができる。例えば、ユーザは個々の皮質下関心構造(例えば、淡蒼球)又は領域(基底核)を選択することができる。
- 該選択された領域は、次いで、この特定の領域に含まれる(即ち、対応する解剖学的ラベルを有する)白質病変をフィルタ抽出するために使用される。次いで、該白質病変の

10

20

30

40

50

部分集合に対して統計的分析が実行され、該選択された白質病変により冒された白質線維が抽出される（関連する解剖学的ラベルを介して）。その結果は、次いで、都合の良いフォーマットで視覚化される（図 5 参照）。例えば、選択された白質病変は、罹患した線維路上に重ね合わせることができる。更に、当該患者の解剖構造を半透明的に重ね合わせることができる。代わりに、選択された関心領域の表面（前記自動分割アルゴリズムから抽出された）を半透明的に重ね合わせることができる。

- 選択された関心領域における白質病変の統計的分析は、例えば、白質病変の数、これら病変の全体積、これら病変の部分体積（当該領域の体積により除算された白質病変の全体積）、基準データベースに対する及び／又は当該患者の以前のスキャンに対する当該統計的指標の比較等を有することができる。該統計的評価の結果は、都合良い方法によりグラフィック的又はテキストの形で視覚化される。グラフィック的表現の一例として、部分体積は“ヒートマップ”の形で視覚化することができ、全体積は棒グラフとして視覚化することができる等々である。

【符号の説明】

【 0 0 9 7 】

1 0 0	磁気共鳴撮像システム	
1 0 4	磁石	
1 0 6	磁石のボア	
1 0 8	撮像ゾーン	
1 1 0	勾配磁場コイル	20
1 1 2	勾配磁場コイル電源	
1 1 4	ラジオ周波数コイル	
1 1 5	R F 増幅器	
1 1 8	被検者	
1 1 9	病変検出アプリケーション	
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ーフェース	
1 3 0	プロセッサ	
1 3 2	ユーザインターフェース	
1 3 4	コンピュータ記憶部	30
1 3 6	コンピュータメモリ	
1 6 0	制御モジュール	
2 0 1 ~ 2 0 7	ステップ	
2 0 9	解剖学的画像	
2 1 1	セグメント	
2 1 3	白質病変	
4 0 0	医療機器	
4 0 1	画像処理システム	
4 0 3	プロセッサ	
4 0 5	メモリ	40
4 0 7	バス	
4 0 9	ネットワークアダプタ	
4 1 1	記憶システム	
4 1 3	ディスプレイ	
4 1 9	I / O インターフェース	
5 0 1	ユーザにより定義された解剖学的領域	
5 0 3	線維	
5 0 5	表示結果	

10

20

30

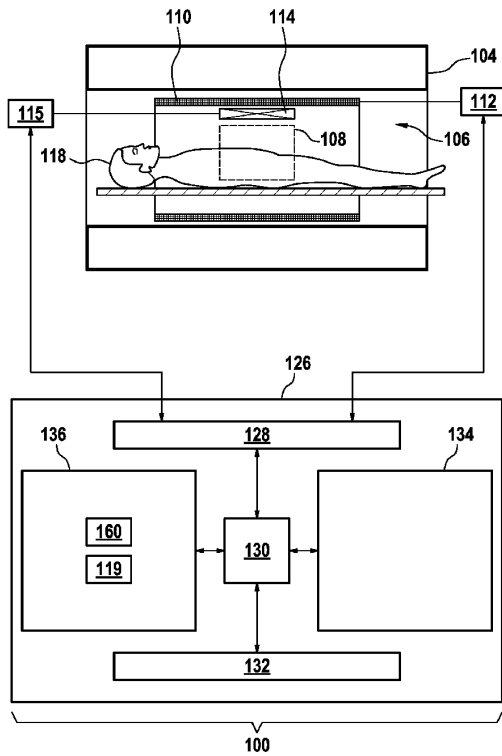
40

50

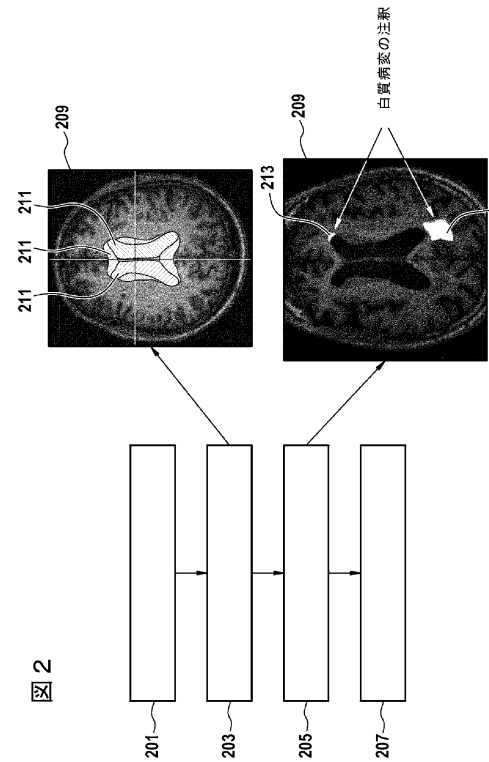
【 図 面 】

【 図 1 】

Fig. 1



【 図 2 】

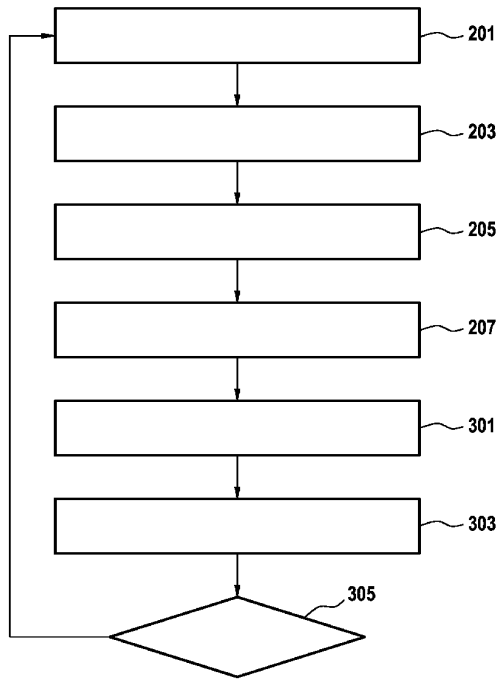


10

20

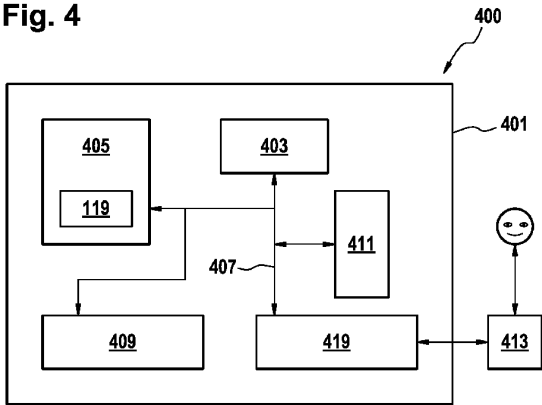
【 図 3 】

Fig. 3



【 図 4 】

Fig. 4

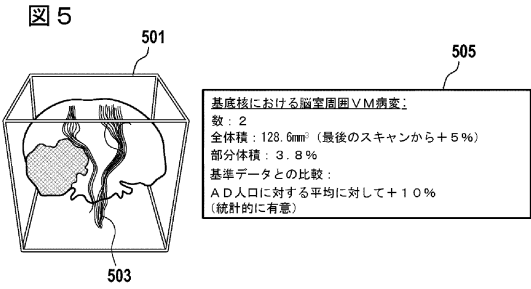


30

40

50

【図 5】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (72)発明者 ベルトルト マーティン
 オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス 5
- (72)発明者 ステール トーマス ヘイコ
 オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス 5
- (72)発明者 ザゴルチェフ ルボミール ゲオルギエフ
 オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス 5
- 審査官 門 良成
- (56)参考文献 特開 2 0 1 1 - 1 3 9 7 9 9 (J P , A)
 米国特許出願公開第 2 0 0 9 / 0 2 3 2 3 7 4 (U S , A 1)
 米国特許出願公開第 2 0 1 5 / 0 0 2 3 5 5 6 (U S , A 1)
 国際公開第 2 0 1 1 / 0 4 0 4 7 3 (W O , A 1)
 特開 2 0 1 0 - 2 7 9 5 9 1 (J P , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
 A 6 1 B 5 / 0 5 5
 G 0 6 T 7 / 0 0
 G 0 1 R 3 3 / 0 0