

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6223189号
(P6223189)

(45) 発行日 平成29年11月1日 (2017. 11. 1)

(24) 登録日 平成29年10月13日 (2017. 10. 13)

(51) Int. Cl.	F I
A 6 1 B 5/055 (2006.01)	A 6 1 B 5/05 3 9 0
A 6 1 B 6/03 (2006.01)	A 6 1 B 5/05 3 8 0
	A 6 1 B 6/03 3 7 7
	A 6 1 B 6/03 3 6 0 B

請求項の数 14 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2013-549911 (P2013-549911)	(73) 特許権者	516049548
(86) (22) 出願日	平成24年1月13日 (2012. 1. 13)		メドトロニック・バックン・リサーチ・セ
(65) 公表番号	特表2014-502909 (P2014-502909A)		ンター・ベスローテン・フェンノートシャ
(43) 公表日	平成26年2月6日 (2014. 2. 6)		ップ
(86) 国際出願番号	PCT/IB2012/050169		オランダ国 6 2 2 9 ヘーウェー, マー
(87) 国際公開番号	W02012/098485		ストリヒト, エンデポルスドメイン 5
(87) 国際公開日	平成24年7月26日 (2012. 7. 26)	(74) 代理人	100140109
審査請求日	平成27年1月9日 (2015. 1. 9)		弁理士 小野 新次郎
(31) 優先権主張番号	11151552.4	(74) 代理人	100075270
(32) 優先日	平成23年1月20日 (2011. 1. 20)		弁理士 小林 泰
(33) 優先権主張国	欧州特許庁 (EP)	(74) 代理人	100101373
			弁理士 竹内 茂雄
		(74) 代理人	100118902
			弁理士 山本 修

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 組織内の対象に対する移動の少なくとも1つの適用可能な経路を決定する方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

コンピュータによって利用可能な媒体上に動作可能に記憶される、コンピュータによって利用可能なプログラムコードを含むコンピュータプログラムであって、当該コンピュータによって利用可能なプログラムコードが、所定の方法を実行するようにされ、当該方法が、

三次元撮像法により得られた強度データのデータセットを用いて人間組織(14)又は動物組織において診断装置を含む対象の、移動に対する少なくとも1つの適用可能な経路(32)を、セグメント化の結果の関数として決定する前に、画像内の重要な構造を決定するための画像のセグメント化をせずに、移動の前記適用可能な経路に対する直接的な探索を実行することによって、決定する方法であって、移動の前記適用可能な経路(32)が、前記装置の開始位置(28)を規定された目標の場所(30)とつなぎ、前記方法は、

前記装置の基準点の前記目標の場所を規定し、前記装置の前記基準点の少なくとも1つの可能な開始位置を選択するステップと、

対応する可能な開始位置と前記規定された目標の場所との間の移動の候補経路を決定するステップと、

移動の前記候補経路に沿った強度データから生じる局所的強度極値及び/又は強度変化に関する情報に依存して適用可能な経路であると移動の前記候補経路を評価するステップと、

を有するコンピュータプログラム。

【請求項 2】

移動の前記候補経路が、最短ルートに沿って前記可能な開始位置及び前記目標の場所をつなぐ移動の線形経路である、請求項 1 に記載のコンピュータプログラム。

【請求項 3】

移動の前記候補経路の各々の評価が、移動の前記候補経路の周りの領域における前記強度データの専門家の評価を考慮に入れる、請求項 1 に記載のコンピュータプログラム。

【請求項 4】

移動の前記候補経路の評価が、コンピュータシステムにより実行される自動評価である、請求項 1 に記載のコンピュータプログラム。

【請求項 5】

前記専門家の評価が、前記局所的強度極値及び / 又は強度変化に関する対応する情報と一緒に、前記コンピュータシステムのトレーニングに対して使用される、請求項 3 に記載のコンピュータプログラム。

【請求項 6】

前記三次元撮像法が、磁気共鳴撮像法、核磁気共鳴撮像法、又は磁気共鳴断層撮影法である、請求項 1 に記載のコンピュータプログラム。

【請求項 7】

前記候補経路又は少なくとも前記候補経路の可能な開始位置を表示するステップを有する、請求項 1 に記載のコンピュータプログラム。

【請求項 8】

前記可能な開始位置の関心領域が、表示され、前記適用可能な経路の開始位置が、第 1 の色で表示され、適用可能でない経路の開始位置が、第 2 の色で表示される、請求項 7 に記載のコンピュータプログラム。

【請求項 9】

前記候補経路が、強度プロファイルとして表示される、請求項 7 に記載のコンピュータプログラム。

【請求項 10】

強度プロファイルが、当該強度プロファイルの局所的強度極値の周りの領域の少なくとも 1 つの画像と関連して表示される、請求項 9 に記載のコンピュータプログラム。

【請求項 11】

移動の所定の候補経路に対する局所的強度極値及び / 又は強度変化に関する情報の許容可能な閾値が、移動の前記所定の候補経路の隣接した経路を参照して決定される、請求項 1 に記載のコンピュータプログラム。

【請求項 12】

前記強度及び / 又は強度変化に関する情報が、移動の前記候補経路に沿った運動方向に垂直な前記装置の最大断面上の前記強度データを統合することにより計算される、請求項 1 に記載のコンピュータプログラム。

【請求項 13】

請求項 1 ないし 12 のいずれか一項に記載のコンピュータプログラムを含む、記憶装置、フロッピーディスク、CD、DVD、ブルーレイディスク又はランダムアクセスメモリのようなコンピュータ可読媒体。

【請求項 14】

処理ユニット、メモリ、データインタフェース、ディスプレイ、入力装置及び請求項 1 ないし 12 のいずれか一項に記載のコンピュータプログラムを備えたコンピュータシステムにおいて、前記コンピュータプログラムを実行するコンピュータシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、3次元撮像法により得られた強度データのデータセットを用いて、人間組織又は動物組織内の対象、特に外科及び / 又は診断装置の移動に対する少なくとも 1 つの適

10

20

30

40

50

用可能な経路を決定する方法に関し、移動の前記経路は、前記装置の開始位置を規定された目標の場所につなぐ。本発明は、記憶装置、フロッピーディスク、ＣＤ、ＤＶＤ、ブルーレイディスク又はランダムアクセスメモリ（ＲＡＭ）のようなコンピュータ可読媒体、並びにコンピュータ使用可能プログラムコードを含むコンピュータ使用可能媒体を有するコンピュータプログラムプロダクト及びコンピュータシステムにも関する。

【背景技術】

【０００２】

ヘルスケア診断決定支援システム又はコンピュータ支援診断（ＣＡＤ）システムは、医療画像の解釈において医療専門家又は医師のようなユーザを支援するのに医学分野において使用される。Ｘ線、磁気共鳴撮像（ＭＲＩ）、及び超音波診断における撮像法は、前記ユーザが短時間で包括的に分析及び評価しなければならない大量の情報を生じる。ＣＡＤシステムは、典型的な外観に対して、例えば磁気共鳴撮像からのデジタル画像をスキャンし、血管、神経路、室、機能的エロクエント領域（functionally eloquent regions）及び／又は腫瘍領域のような目立つ構造を強調表示するのを助ける。通常、決定樹及びニューラルネットワークのような機械学習法が、基礎となる真実を持つ多数の既知の事例、すなわち診断が病理学により裏付けられた事例に基づいて分類器を構築するのに使用される。前記分類器は、診断を、既知の事例から構築された計算構造及び未知の構造事例に対する入力されたフィーチャに基づく。前記分類器の出力は、前記未知の構造の推定された性質及びオプションとして信頼値を示す。医療撮像施設の精度は、非常に小さな構造を検出するように進歩し、処理されるべきデジタル画像の数が増加すると、このタイプのＣＡＤは、医師のようなユーザを支援するツールとしてますます重要になる。コンピュータ生成分類は、診断に関連した精度及び信頼性を高めるための医師のようなユーザに対するセカンドオピニオンであるとみなされる。

【０００３】

コンピュータ支援手術（ＣＡＳ）は、術前計画に対して及び外科的介入をガイド及び実行するのにコンピュータ技術を使用する外科的概念及び方法のセットを表す。ＣＡＳは、コンピュータ支援手術、コンピュータ支援介入、画像ガイド手術及び手術ナビゲーションとしても知られるが、これらの用語は、多かれ少なかれＣＡＳと同義語である。

【０００４】

ＭＲＩのような画像ガイド治療における外科及び／又は診断装置に対する移動の適用可能な経路（安全な手術軌道）を決定する従来のアプローチは、２つの基本的なステップ、すなわち、移動の可能な経路を規定する空間領域内の各重要な構造（critical structure）をセグメント化するステップと、その後、対応する安全な又は適用可能な経路を決定するステップとを常に有する。応用の１つの重要な分野は、脳外科である。詳細には、従来の手術計画は、主に、以下のステップに従う。

【０００５】

第１のステップにおいて、目標の場所は、手動で、又は自動的に、又は半自動的に規定される。これは、しばしば定位固定座標系における、テンプレートに磁気共鳴（ＭＲ）体積を登録すること、及びこの変換からの解剖学的構造の検出、又は前記目標の場所を決定するために正中矢状面及びＡＣ／ＰＣ点のような点又は面ランドマークを識別することのいずれかを含む。一度前記目標が決定されると、前記計画は、エントリ点の検出に帰着する。多くの場合、前記エントリ点と目標点との間の経路は、直線でなければならない、重要な構造に当たるべきではない。

【０００６】

第２のステップは、血管、脳回及び溝、室、及び脳内の機能的エロクエント領域のような、重要な領域の識別である。これは、画像セグメント化アルゴリズムのセットを適用することにより、例えばコントラスト強調Ｔ₁重み付けＭＲ画像からのこれらの構造をセグメント化することを含む。機能的エロクエント領域は、fMRI（機能的磁気共鳴画像）及び／又はDTI（拡散テンソル画像）データを分析することにより決定される。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明の目的は、三次元撮像法により得られたデータセットを用いて組織内の外科及び／又は診断装置に対する移動の少なくとも1つの適用可能な経路を決定する改良された方法及び改良されたシステムを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

この目的は、独立請求項に規定される本発明により達成される。

【0009】

本発明による方法は、(i)前記装置の基準点の目標の場所を規定し、前記装置の前記基準点の少なくとも1つの可能な開始位置を選択するステップと、(ii)前記対応する可能な開始位置と前記規定された目標の場所との間の移動の候補経路を決定するステップと、(iii)移動の前記候補経路に沿った強度データから生じる局所的強度極値及び／又は強度変化に関する情報に依存して適用可能な経路であると移動の前記候補経路を評価するステップとを有する。

【0010】

まず複数のステップにおいてセグメント化することにより避けるべき適用可能な経路を決定し、次いでこれらのセグメント化の結果の関数として移動の適用可能な経路(安全な軌道)を決定する前述の二段手術計画アプローチの代わりに、セグメント化ステップをスキップすることにより移動の適用可能な経路に対する直接的な探索が、本発明による方法において実行される。換言すると、本発明による方法は、重要な構造の位置及び拡張を全体として考慮せず、単純に前記候補経路の領域内の重要な構造の存在を示す移動の前記候補経路に沿った強度データから生じる強度極大値及び／又は強度極小値及び／又は強度変化に関する情報(強度情報)を見る。前記重要な構造は、血管、神経路、室、及び／又は機能的エロクエント領域のような組織内の構造である。前記データセットの強度極値及び／又は強度変化に関する情報は、したがって、移動の少なくとも1つの適用可能な経路を決定するのに直接的に使用される。本発明による方法は、とりわけ、以下の利点、すなわち、

セグメント化プロセスを必要としない強度特性による経路候補の直接的評価、

例えばMR画像に影響を与える強度不均等性問題を避ける局所的強度特性に対する自動適合、

移動の前記可能な経路を決定する探索ステップにおける、機能的情報の統合のような、他のタイプの制約を追加する適応性、及び

前記方法を複数の線セグメントに対する探索に拡張することによる非直線経路に対するサポート、

強度プロット及び画像ベースサムネイルのような経路情報の説明的な表示を提供するオプション、
を持つ。

【0011】

候補経路の安全レベルを決定するために、前記強度極値及び／又は強度変化に関する情報に基づく移動の可能な経路に沿った強度プロファイルが、分析される。安全な又は適用可能な経路は、経路領域において大きな極大値又は大きな極小値を持っていてはならない。これらの極大値及び／又は極小値は、各点に対して窓が中心に配置され、前記窓内の極大及び極小強度が計算される、いわゆるスライディングウィンドウアプローチにより検出される。中心画素が極大又は極小のいずれかである場合、これは、重要な構造である可能性がある。これを確認するために、前記窓内の極大値及び極小値の差が、ピークと谷の突出を決定するように前記目標の場所における強度と比較される。この後に、空間的制約を考慮して、軌道が、安全であるか否かを決定される。安全であると決定された候補経路は、適用可能な経路である。

【0012】

本発明の好適な実施例によると、移動の前記候補経路は、最短ルートに沿って前記開始位置及び前記目標の場所をつなぐ移動の線形経路である。移動の前記線形経路は、最も幅広く使用されるタイプの経路である。線形経路を使用する典型的な外科及び／又は診断装置は、針形状又は棒形状装置である。

【0013】

本発明の他の好適な実施例によると、評価は、移動の前記候補経路の周りの領域における強度データの専門家の評価を考慮に入れる。前記専門家の評価は、好ましくは、強度変化又は局所的極大値（ピーク）又は局所的極小値（谷）が重要な構造に起因するかどうかの専門家の個別的決定である。本発明に関して、用語"専門家"は、表示された構造を参照して強度データを解釈する知識を持つ人に関する。

10

【0014】

本発明の他の好適な実施例によると、移動の前記候補経路の評価は、コンピュータシステムにより実行される自動評価である。このコンピュータシステムは、好ましくは、CAD（コンピュータ支援診断）又はCAS（コンピュータ支援手術）システムである。

【0015】

好ましくは、前記専門家の評価は、前記強度及び／又は強度変化に関する対応する情報と一緒に、前記コンピュータシステムのトレーニング（教育）に対して使用される。前記コンピュータシステムは、入力データの強度の動的範囲を学習することにより前記強度変化に対して適応的のアルゴリズムを使用する。前記対応するコンピュータシステムは、決定樹、サポートベクトルマシン、アダプスト、又はニューラルネットワークのような機械学習技術に基づく。このシステムの前記分類器は、その診断を、既知の事例から構築された計算構造と、移動の前記候補経路に沿った入力された極値及び／又は強度変化とに基づかせる。

20

【0016】

前記三次元撮像法は、好ましくは、単一の回転軸の周りで取られた多数の二次元X線画像から対象の内側の三次元画像を生成する医療撮像法である。前記三次元撮像法は、例えば、X線コンピュータ断層撮影（CT）法又は撮像超音波法である。本発明の好適な実施例によると、前記三次元撮像法は、磁気共鳴撮像（MRI）法、核磁気共鳴撮像（NMRI）法、又は磁気共鳴断層撮影（MRT）法である。前記強度データは、 T_1 重み付けMRスキャン及び／又は T_2 重み付けMRスキャン及び／又は T_2^* 重み付けMRスキャンから及び／又は磁化移動MRIにより及び／又は液体減衰反転回復（FLAIR）及び／又は磁気共鳴血管造影により及び／又は磁気共鳴ゲート頭蓋内CSFダイナミクス（MR-GILD）により得られる。

30

【0017】

本発明の好適な実施例によると、前記人間又は動物の組織は、脳組織である。経路決定方法の重要な応用は、対応する組織が脳組織である脳手術計画である。この組織内の重要な構造は、血管、脳回及び溝、脳室、及び／又は機能的エロクエント領域である。

【0018】

第1の代替例において、許容可能な経路の許容可能なヨー及びピッチ角度が、決定される。選択された角度は、2つの制約を満たし、すなわち、1）前記開始位置が、前記目標の場所と同じ半球にあるべきである、及び2）前記探索が、前記目標の場所の横又は下ではなく脳の上に向けられるべきである。前記ヨー及びピッチ角度を決定すると、そのプリセット角度範囲内で、前記目標の場所から脳の表面に向けた線が投じられ、ここで潜在的な開始位置が配置される。最終的に、各候補経路（候補軌道）の強度プロファイルが分析され、安全であるか否かラベル付けされ、及び／又は連続的な安全値を与えられる。安全であるとラベル付けされた又は対応する安全値を持つ候補経路は、適用可能な経路である。

40

【0019】

第2のアプローチにおいて、（前記探索が前記目標の場所の横又は下ではなく脳の上端に向かうべきであるという制約を直ちに満たす）頭頂部に対応する軸方向におけるスライ

50

すが、決定される。脳の左側の目標の場所に対して、前記スライスの左半分を選択し、右側の目標の場所に対して、前記スライスの右脳半球に対応する領域のみが、選択される（前記開始位置が前記目標の場所と同じ半球にあるべきであるという制約を満たす）。この後に、上記のような前記スライス上の各適格点と所定の目標の場所との間の線は、前記候補経路を形成する。

【0020】

本発明の他の実施例によると、前記方法は、移動の前記少なくとも1つの候補経路又は移動の前記少なくとも1つの候補経路の開始位置を表示するステップを有する。可能な開始位置のグラフィック表現の好適なモードにおいて、可能な開始位置の関心領域が表示され、適用可能な経路の開始位置が第1の色で表示され、他の経路の開始位置が第2の色で表示される。特に、これは、カラー皮質表面マップの形式であることができ、例えば、前記第1の色は緑であり、重要な構造を避ける制約を満たす適用可能な経路を示し、前記第2の色は赤であり、他の（安全ではない）開始位置を示す。前記組織が脳組織である場合、前記カラー皮質表面マップは、頭蓋における候補エントリ位置を表示する。

10

【0021】

好ましくは、移動の前記候補経路は、強度プロファイルとして表示される。より好ましくは、前記強度プロファイルは、例えばサムネイル画像として、前記局所的極値の周りの領域の少なくとも1つの画像と関連して表示される。

【0022】

本発明の他の好適な実施例によると、所定の候補経路に対する局所的強度極値及び／又は強度変化に関する情報の許容可能な閾値が、決定される又は少なくとも部分的に前記所定の候補経路の隣接した経路により決定される。

20

【0023】

本発明の他の態様によると、前記強度プロファイルは、移動の前記候補経路に沿った運動方向に垂直な前記装置の最大断面上の前記強度データを統合することにより計算される。この統合は、様々な方法で実施されることができる。一実施例において、前記経路に沿った最大強度変化を生じる強度値が、前記断面を表すのに使用される。他の実施例において、複数の経路が、各個別の経路の安全性を決定するように別々に考慮される。この後に、前記断面の安全性は、全ての単一経路の集合として計算される。

【0024】

30

本発明の他の態様によると、断面は、候補経路の周りの安全マージン（最も近い重要な構造に対する距離として規定される）を参照するように規定されることができる。所定の断面領域内に、特定の強度特性により示される重要な構造は存在しない。

【0025】

本発明の他の態様において、全ての候補経路は、安全であるか否か評価される。この後に、各径路に対して、安全マージンは、安全ではないとラベル付けされた最も近い経路を検出することにより計算される。この場合、安全な経路に対して、脳の表面におけるエントリ点は、計算された安全マージンの関数として色符号化されることができる。安全ではない経路に対して、別の色符号化が使用されることができ、前記経路に沿った強度極小値及び極大値の総数の関数であることができ、又は強度極小値又は強度極大値又は両方が前記経路に沿って観測可能であるかどうかを識別する色符号化スキームであることができる。

40

【0026】

本発明は、前述の方法をコンピュータに実行させる命令のセットを含む記憶装置、フロッピーディスク、CD、DVD、ブルーレイディスク又はランダムアクセスメモリ（RAM）のようなコンピュータ可読媒体、及び前述の方法を実行するように構成されるコンピュータ使用可能プログラムコードを含むコンピュータ使用可能媒体を有するコンピュータプログラムプロダクトに関する。

【0027】

本発明は、最後に、処理ユニット、メモリ、データインタフェース、ディスプレイ及び

50

入力装置を有するコンピュータシステムであって、前述の方法を実行するシステムに関する。好ましくは、前記コンピュータシステムは、C A D（コンピュータ支援診断）又はC A S（コンピュータ支援手術）システムである。

【0028】

本発明のこれら及び他の態様は、以下に記載される実施例を参照して説明され、明らかになる。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】人間の頭部のコロナルスライスからの探索領域ビューを示す。移動の可能な経路の領域は、対応する開始位置を共通の目標の場所とつなぐ多くの可能な経路（3つが明示的に示されている）により構築される。

10

【図2】移動の"安全な"可能な経路、したがって移動の適用可能な経路の強度プロファイルを示す。

【図3】移動の"安全ではない"可能な経路の強度プロファイルを示す。

【図4】適用可能な経路及び安全ではない経路に分割された可能な経路の領域の視覚化を加えた脳の上面図である。

【発明を実施するための形態】

【0030】

図1は、人間の頭部10のコロナルスライスからの探索領域ビューを示す。前記画像は、頭蓋12の上部及び頭蓋12内の脳の組織14を示す。脳組織14内の外科又は診断装置（図示されない）のような対象の移動に対する候補経路の領域16は、対応する可能な開始位置24、26、28を共通の目標の場所30とつなぐ多くの候補経路18、20、22（3つが明示的に示される）により構築される。

20

【0031】

組織14内の前記装置の移動に対する適用可能な経路32は、三次元磁気共鳴撮像法により得られる強度データのデータセットを用いて決定され、移動の適用可能な経路32は、前記装置の開始位置28を規定された目標の場所30と接続する。対応する決定方法は、

前記装置の基準点の目標の場所30を規定し、前記装置の前記基準点の少なくとも1つの可能な開始位置24、26、28を選択するステップと、

30

対応する可能な開始位置24、26、28と規定された共通の目標の場所30との間の移動の少なくとも1つの候補経路18、20、22を決定するステップと、

移動の候補経路18、20、22に沿った強度データから生じる局所的強度極小値/極大値（極値）及び/又は強度変化に関する情報に依存して適用可能な経路32であると移動の候補経路18、20、22を評価するステップと、
を有する。

【0032】

組織14内の前記装置の移動に対する適用可能な経路32は、（図3の差込図に描かれる）重要な構造と干渉しない安全な経路である。

【0033】

40

候補経路18、20、22の安全レベルを決定するために、強度極値及び/又は強度変化に関する情報に基づく移動の候補経路18、20、22に沿った強度プロファイル34、36（図2及び3に示される）が、分析される。安全な適用可能な経路32は、（脳）組織領域において大きな極大値又は大きな極小値を持ってはならない。一般に、フィーチャ"大きい"を規定する様々なオプションが存在する。

【0034】

この種の極大値及び/又は極小値を検出する好適なアプローチは、スライディングウィンドウアプローチである。スライディングウィンドウアプローチにおいて、各点又はボクセル（点により表される体積要素）に対して、窓が中心に配置され、前記窓内の極大及び極小強度が計算され、対応する点/ボクセルが、大域的な極大値又は極小値であるように

50

局所的に極大値又は極小値である必要があることを確認する。この後に、以下のステップのいかなる組み合わせも行われることができる。

- 現在の点又はボクセルの強度と目標の場所 30 の強度との間の絶対差が、 $K \times$ 組織全体（例えば、脳体積）の強度標準偏差内であるべきである。係数 K は、個別に指定されることができ（例えば $K = 1$ ）、上側及び下側強度閾値を規定する。現在の点又はボクセルは、この点 / ボクセルの強度が前記下側強度閾値より低い場合に大きな極小値であり、前記上側強度閾値より高い場合に大きな極大値である。

- 現在の点 / ボクセルを囲む体積の x 、 y 、 z 勾配が、 x 、 y 、 z 導関数をそれぞれ取ることにより計算される。前記導関数から、勾配の大きさは、各点 / ボクセルに対して計算される。この場合、ヒストグラムが、勾配の大きさから構築される。前記ヒストグラムのある百分率（例えば $P = 80\%$ ）が計算され、閾値として割り当てられる。現在の点 / ボクセルの強度と目標の場所 30 における強度との間の上記の絶対差は、この閾値と比較され、極小値又は極大値を見つける。

【0035】

目標の場所 30 は、最初に与えられ（又は他の場所で見つけられ）、可能な開始位置 24、26、28 に対する探索が、この目標の場所 30 から開始する。このようなものとして、目標の場所 30 における強度値は、既知であり、極小値及び極大値の検出に対して使用されることができる。

【0036】

前記画素 / ボクセルが、極大値又は極小値のいずれかである場合、これは、重要な構造を示す。この後に、空間的制約を考慮して、候補経路 18、20、22 が、安全であるか否かを決定される。安全であると決定された移動の候補経路 22 は、適用可能な経路 32 である。図示された脳組織内の前記重要な構造は、血管、脳回及び溝、脳室、及び / 又は機能的エロクエント領域である。

【0037】

第 1 の代替例において、適用可能な経路 32 の許容可能なヨー及びピッチ角度が決定される。選択された角度は、2 つの制約を満たし、すなわち、1) 前記開始位置は、目標の場所 30 と同じ半球にあるべきである、及び 2) 前記探索は、目標の場所 30 の横又は下ではなく脳の上部に向かうべきである。前記ヨー及びピッチ角度を決定され、このプリセット角度範囲内に、目標の場所 30 から脳の表面に向かう線が投じられ、ここに可能な開始位置 24、26、28 が配置される。最後に、各候補経路（候補軌道）18、20、22 の強度プロファイルが分析され、安全であるか否かラベル付けされ、及び / 又は連続的な安全値を与えられる。安全であるとラベル付けされた又は対応する安全値を持つ候補経路 18、20、22 は、適用可能な経路 32 である。

【0038】

第 2 のアプローチにおいて、（前記探索が前記目標の場所の横又は下ではなく脳の上端に向かうべきであるという制約を直ちに満たす）頭頂部に対応する軸方向におけるスライスが、決定される。脳の左側の目標の場所 30 に対して、前記スライスの左半分が選択され、右側の目標の場所 30 に対して、前記スライスの右脳半球に対応する領域のみが、選択される（前記開始位置が前記目標の場所と同じ半球にあるべきであるという制約を満たす）。この後に、上記のような前記スライス上の各適格点と所定の目標の場所 30 との間の線は、候補経路 18、20、22 を形成する。

【0039】

図 2 は、移動の安全な候補経路 22 の強度プロファイル 34 を描き、図 3 は、移動の安全ではない候補経路 20 の強度プロファイル 36 を描く。両方の強度プロファイルの対応する経路は、目標の場所 30 において開始する。図 2 の強度プロファイル 34 は、強度プロファイル 34 内の顕著な極大値が存在する前記経路の終了まで、強度の大きな変動（ $K \times$ 目標の場所 30 の強度の周りの強度標準偏差により与えられる強度閾値の外側である大きな極小値又は大きな極大値）を示さない。これは、脳組織ではなく頭蓋 12 の強度に対応すると予測される。結果として、この候補経路 22 は、安全であるとラベル付けされる

10

20

30

40

50

。図3の候補経路は、脳領域内にピーク（局所的極大値）を持ち、したがって、安全ではないと見なされる。図2に示される強度プロファイル34に対応する移動の安全な候補経路22のみが、適用可能な経路32である。

【0040】

前記方法の他の態様は、改良された視覚化ストラテジである。強度プロファイル34、36に加えて、ユーザは、図2及び3に示されるグラフ上でクリックすることにより局所的極大値又は局所的極小値の周りの領域の画像38（サムネイル画像）を見ることが出来る。両方の図において、極大値のみが、サムネイル画像と関連付けられ、しかしながら、極大値及び極小値の両方が、同じように視覚化されることができる。更に、空間的状况に関する、より多くの情報を得るように前記サムネイル画像のサイズを拡大することができる。

10

【0041】

他の実施例において、探索された軌道に対して非強度制約を加えることができる。これは、候補エントリ点検出ステップにおいて説明されたように探索領域を規定する形式であることができる。探索領域は、許容可能な及び許容不可能な点を規定するマップの形式で他の方法の結果を使用することにより規定されることもできる。このマップは、fMRI、DTI、 T_2 等のような異なるモダリティの分析から生成されることができる。これは、気道分析に対して使用される同じMRの T_1 コントラストから生成されることもできる。例えば、安全軌道検出に対して前記探索領域を拘束するのに皮質セグメント化及び脳マスクの結果を使用することができる。

20

【0042】

図4は、候補経路の領域16内の候補経路18、20、22の可能な開始位置24、26、28からなる関心領域40の視覚化を加えた脳の上面図を示し、関心領域40は、適用可能な経路32の可能な開始位置28の領域44と、安全ではない候補経路18、20の残りの領域44とに分割される。

【0043】

例えば外科医のような対応するコンピュータシステムのユーザは、前記システムのディスプレイ上で脳を眺めることができ、前記ディスプレイは、安全な適用可能な経路32の開始位置28を示すように緑で色づけされた領域42と、安全ではない経路の開始位置24、26を示すように赤で色づけされた他の領域44とを有する可能な開始位置24、26、28の関心領域（ROI）40を描く。

30

【0044】

前記ユーザが、可能な開始位置の上にカーソル46を配置する場合、図2及び3に示される対応する強度プロットは、本発明の一実施例において示される。図4に示される例において、カーソル46は、適用可能な経路32の可能な開始位置28の領域42の1つを指す。前記システムは、図2に示されるような移動の"安全な"適用可能な経路32の対応する強度プロファイルを描く。コンピュータ支援手術（CAS）システムであるコンピュータシステムにおいて、カーソル46は、前記外科及び/又は診断装置の移動に追従する。

【0045】

本発明は、図面及び先行する記載において詳細に図示及び記載されているが、このような図示及び記載は、説明的又は典型的であり、限定的ではないとみなされるべきであり、本発明は、開示された実施例に限定されない。開示された実施例に対する他の変形例は、図面、開示及び添付の請求項の検討から、請求された発明を実施する際に当業者により理解及び達成されることができる。請求項において、単語"有する"は、他の要素又はステップを除外せず、不定冠詞"1つの"は、複数を除外しない。特定の方策が相互に異なる従属請求項に記載されているという単なる事実は、これらの方策の組み合わせが有利に使用されることができないことを示さない。請求項内の参照符号は、範囲を限定すると解釈されるべきではない。

40

【図 1】

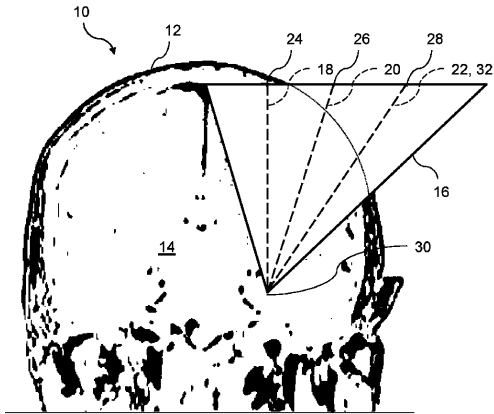
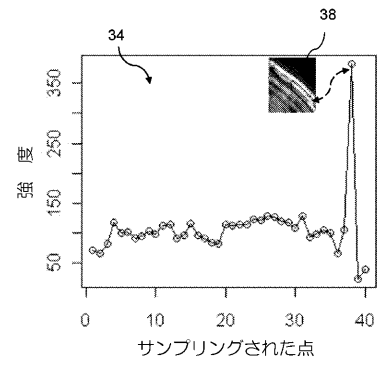
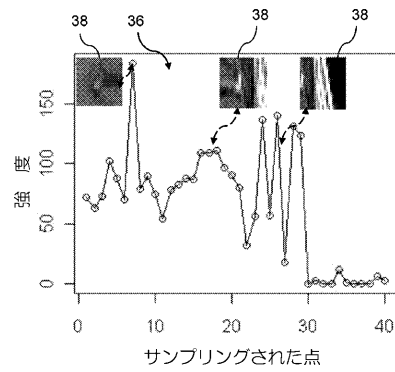


Fig. 1

【図 2】



【図 3】



【図 4】

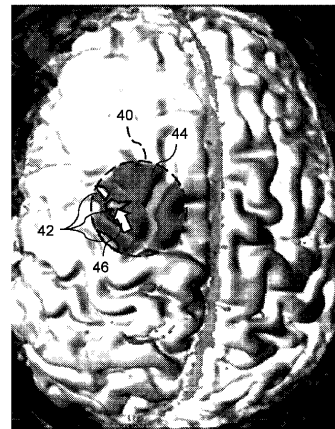


Fig. 4

フロントページの続き

(74)代理人 100119781

弁理士 中村 彰吾

(72)発明者 エキン アーメット

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
4 4

(72)発明者 マルテンス フベルト セシル フランソワ

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
4 4

審査官 松本 隆彦

(56)参考文献 特開 2 0 0 7 - 1 3 0 2 8 7 (J P , A)

米国特許出願公開第 2 0 0 8 / 0 0 9 7 1 8 7 (U S , A 1)

米国特許出願公開第 2 0 1 1 / 0 0 0 7 0 7 1 (U S , A 1)

特開 2 0 0 9 - 2 0 1 7 0 1 (J P , A)

特開 2 0 0 6 - 1 4 9 5 6 0 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

A 6 1 B 5 / 0 5 5

A 6 1 B 6 / 0 0 - 6 / 1 4