

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6133026号  
(P6133026)

(45) 発行日 平成29年5月24日 (2017.5.24)

(24) 登録日 平成29年4月28日 (2017.4.28)

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

請求項の数 15 外国語出願 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2012-180302 (P2012-180302)	(73) 特許権者	390041542
(22) 出願日	平成24年8月16日 (2012.8.16)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
(65) 公開番号	特開2013-43085 (P2013-43085A)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州 1 2 3
(43) 公開日	平成25年3月4日 (2013.3.4)		4 5、スケネクタデイ、リバーロード、1
審査請求日	平成27年8月5日 (2015.8.5)		番
(31) 優先権主張番号	13/217,082	(74) 代理人	100137545
(32) 優先日	平成23年8月24日 (2011.8.24)		弁理士 荒川 聡志
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100105588
			弁理士 小倉 博
		(74) 代理人	100129779
			弁理士 黒川 俊久
		(74) 代理人	100113974
			弁理士 田中 拓人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 三次元画像をナビゲートし、セグメント化し、抽出するための方法及びシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

三次元 ( 3 D ) 画像データセットから関心のある三次元 ( 3 D ) ボリュームを抽出するための方法であって、

複数の画像スライスを含む 3 D 画像データセットにアクセスする段階と、

前記 3 D 画像データセット内の関心のある 3 D ボリュームを 複数のポリゴンを含む 3 D メッシュによって包囲する段階と、

前記複数のポリゴンを二次元 ( 2 D ) 平面上に投影する段階と、

各々のポリゴンについて、それぞれのポリゴンを境界とする一組の 2 D 格子点を識別する段階と、

前記 3 D メッシュに基づいて前記関心のある 3 D ボリュームを自動的に抽出する段階と

、  
 前記抽出された関心のある 3 D ボリュームの 3 D 画像を生成する段階と  
 を有する方法。

【請求項 2】

前記 3 D メッシュは、関心のある物体を実質的にカプセル化するように構成されている、請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】

前記 複数のポリゴン は複数の三角形を有しており、この場合、前記方法は、

前記 複数の三角形 を 3 つの直交二次元 ( 2 D ) 平面上に投影する段階と、

10

20

各々の三角形について、前記それぞれの三角形を境界とする一組の 2 D 格子点を識別する段階と、  
を有している、請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 4】

各々の一組の 2 D 格子点について前記 3 D メッシュの表面上の複数の第 3 の座標を計算する段階と、

前記複数の第 3 の座標を用いて前記 3 D メッシュ上に包囲 3 D 表面を生成する段階と、  
各々の三角形について前記包囲 3 D 表面を用いて関心のあるボリュームを抽出する段階と  
を有している請求項 3 に記載の方法。

10

【請求項 5】

前記 3 D メッシュの内側にある画像ボクセルを識別する段階と、  
前記 3 D メッシュの外側にある画像ボクセルを識別する段階と、  
前記 3 D メッシュの内側にある画像ボクセルのみを用いて前記関心のあるボリュームを抽出する段階と、

表面の点が前記 3 D メッシュの内側又は外側にあるかどうかを決定するために各々の画像ボクセルを 3 つの直交方向において検査する段階を有している請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の方法。

【請求項 6】

更に、前記関心のある 3 D ボリュームの 3 D 画像及び 3 D メッシュを表示装置上に表示する段階を有している請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の方法。

20

【請求項 7】

三次元 ( 3 D ) 画像から関心のある三次元 ( 3 D ) ボリュームを抽出するためのシステムであって、

ユーザー・インターフェースと、

前記ユーザー・インターフェースに結合されたプロセッサであって、複数の画像スライスを含む 3 D 画像データセットにアクセスし、前記 3 D 画像データセット内の関心のある 3 D ボリュームを複数のポリゴンを含む 3 D メッシュによって包囲し、前記複数のポリゴンを二次元 ( 2 D ) 平面上に投影し、各々のポリゴンについて、それぞれのポリゴンを境界とする一組の 2 D 格子点を識別し、前記 3 D メッシュに基づいて前記関心のある 3 D ボリュームを自動的に抽出し、前記抽出された関心のある 3 D ボリュームの 3 D 画像を生成するように構成されているプロセッサと、  
を有するシステム。

30

【請求項 8】

前記 3 D メッシュは、前記関心のある物体を実質的にカプセル化するように構成されている、請求項 7 に記載のシステム。

【請求項 9】

前記複数のポリゴンは複数の三角形を有しており、この場合、前記プロセッサは、前記複数の三角形を 3 つの直交二次元 ( 2 D ) 平面上に投影し、次いで、各々の三角形について、前記それぞれの三角形を境界とする一組の 2 D 格子点を識別するように構成されている、請求項 7 または 8 に記載のシステム。

40

【請求項 10】

前記プロセッサは、各々の一組の 2 D 格子点について前記 3 D メッシュの表面上の複数の第 3 の座標を計算し、

前記複数の第 3 の座標を用いて前記 3 D メッシュ上に包囲 3 D 表面を生成し、次いで、各々の三角形について前記包囲 3 D 表面を用いて前記関心のあるボリュームを抽出するように構成されている、請求項 7 乃至 9 のいずれかに記載のシステム。

【請求項 11】

前記プロセッサは、前記 3 D メッシュの内側にある画像ボクセルを識別し、前記 3 D メッシュの外側にある画像ボクセルを識別し、前記 3 D メッシュの内側にある画像ボクセル

50

のみを用いて前記関心のあるボリュームを抽出し、

表面の点が前記 3 D メッシュの内側又は外側にあるかどうかを決定するために各々の画像ボクセルを 3 つの直交方向において検査するように構成されている、請求項 7 乃至 10 のいずれかに記載のシステム。

【請求項 12】

前記プロセッサは更に、前記関心のある 3 D ボリュームの 3 D 画像及び 3 D メッシュを表示装置上に表示させるように構成されている、請求項 7 乃至 11 のいずれかに記載のシステム。

【請求項 13】

持続性コンピュータ読取り可能な媒体であって、コンピュータが、複数の画像スライスを含む 3 D 画像データセットにアクセスし、前記 3 D 画像データセット内の関心のある 3 D ボリュームを複数のポリゴンを含む 3 D メッシュによって包囲し、前記複数のポリゴンを二次元 ( 2 D ) 平面上に投影し、各々のポリゴンについて、それぞれのポリゴンを境界とする一組の 2 D 格子点を識別し、前記 3 D メッシュに基づいて前記関心のある 3 D ボリュームを自動的に抽出し、前記抽出された関心のある 3 D ボリュームの 3 D 画像を生成するように、該コンピュータに命令するようにプログラムされているコンピュータ読取り可能な媒体。

10

【請求項 14】

前記 3 D メッシュは、前記関心のある物体を実質的にカプセル化するように構成されている、請求項 13 記載の持続性コンピュータ読取り可能な媒体。

20

【請求項 15】

前記コンピュータ読取り可能な媒体は、各々の一組の 2 D 格子点について前記 3 D メッシュの表面上の複数の第 3 の座標を計算するように、コンピュータに命令するようにプログラムされている、請求項 13 または 14 に記載の持続性コンピュータ読取り可能な媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本書に記載の内容は、一般的に云えば、三次元 ( 3 D ) 画像データセットを処理することに関し、より詳しく云えば、3 D 画像データセットをナビゲートし、セグメント化し、抽出するための方法及びシステムに関するものである。

30

【背景技術】

【0002】

自動セグメンテーション法が、三次元画像データ内で様々なオブジェクト ( 物体 ) の輪郭を描くために一般的に用いられている。3 D セグメンテーションに適した様々な方法が知られている。殆どのセグメンテーション法は、三次元画像データ内の 1 つ又は複数の端縁へ向かって弾性モデルを変形することに依存している。臨床用途における大量の画像についての正確なセグメンテーションは、患者の解剖学的構造が複雑で多様であること、画像の不均一さ、部分的な体積効果、及び / 又は体動に関連した画像アーティファクトに起因して、達成するのが屡々困難である。その結果、自動画像セグメンテーション・アルゴリズムは、典型的には、オペレータによって実施される手動編集手法を用いて調節される。手動編集は、典型的には、自動セグメンテーション・アルゴリズムが完了した後、スライス毎に且つピクセル毎に遂行される。従って、3 D 画像データセットが数千の 2 D スライスを含んでいるので、オペレータが手動編集を遂行するために必要な時間は屡々膨大になる。

40

【0003】

更にまた、セグメンテーションの結果の手動編集は、セグメンテーションの結果が臨床的意志決定を支援するために適切な精度を持たなければならないとき、屡々困難である。従って、セグメンテーションの結果の手動編集が屡々時間が掛かるので、非常に正確な自動画

50

像セグメンテーション・アルゴリズムを含んでいない医学的イメージング用アプリケーションは、臨床環境において有用でないことがある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】欧州特許出願公開番号EP1750226

【発明の概要】

【0005】

一実施形態では、三次元(3D)画像データセットから関心のある三次元(3D)ボリュームを抽出するための方法が提供される。本方法は、複数の画像スライスを含む3D画像データセットにアクセスする段階と、前記3D画像データセット内の関心のある3Dボリュームを3Dメッシュによって包囲する段階と、前記3Dメッシュに基づいて前記関心のある3Dボリュームを自動的に抽出する段階と、前記抽出された関心のある3Dボリュームの3D画像を生成する段階とを含む。本書ではまた、コンピュータ及び持続性コンピュータ読取り可能な媒体についても説明する。

10

【0006】

別の実施形態では、三次元(3D)画像から関心のある三次元(3D)ボリュームを抽出するためのシステムが提供される。本システムは、ユーザー・インターフェースと、該ユーザー・インターフェースに結合されたプロセッサとを含む。前記プロセッサは、複数の画像スライスを含む3D画像データセットにアクセスし、前記3D画像データセット内の関心のある3Dボリュームを3Dメッシュによって包囲し、前記3Dメッシュに基づいて前記関心のある3Dボリュームを自動的に抽出し、前記抽出された関心のある3Dボリュームの3D画像を生成するように構成される。

20

【0007】

別の実施形態では、持続性コンピュータ読取り可能な媒体が提供される。コンピュータ読取り可能な媒体は、コンピュータが、複数の画像スライスを含む3D画像データセットにアクセスし、前記3D画像データセット内の関心のある3Dボリュームを3Dメッシュによって包囲し、前記3Dメッシュに基づいて前記関心のある3Dボリュームを自動的に抽出し、前記抽出された関心のある3Dボリュームの3D画像を生成するように、該コンピュータに命令するようにプログラムされる。

30

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】図1は、様々な実施形態に従って形成された模範的なイメージング・システムの簡略ブロック図である。

【図2】図2は、様々な実施形態に従って三次元(3D)画像をナビゲートする模範的な方法を例示する流れ図である。

【図3】図3は、様々な実施形態に従って生成することのできる模範的な3D画像である。

【図4】図4は、様々な実施形態に従って生成することのできる模範的な2D画像である。

40

【図5】図5は、様々な実施形態に従って生成することのできる3D画像の一部分の矢状方向(sagittal)ビューである。

【図6】図6は、様々な実施形態に従って生成することのできる3D画像の一部分の冠状方向(coronal)ビューである。

【図7】図7は、様々な実施形態に従って生成することのできる3D画像の一部分の軸方向(axial)ビューである。

【図8】図8は、様々な実施形態に従って3D画像をセグメント化する模範的な方法を例示する流れ図である。

【図9】図9は、様々な実施形態に従って生成することのできる別の模範的な3D画像である。

50

【図 10】図 10 は、様々な実施形態に従って生成することのできる別の模範的な 2 D 画像である。

【図 11】図 11 は、様々な実施形態に従って 3 D 表面メッシュを編集する模範的な方法を例示する流れ図である。

【図 12】図 12 は、様々な実施形態に従って生成することのできる別の模範的な 2 D 画像である。

【図 13】図 13 は、様々な実施形態に従って生成することのできる別の模範的な 2 D 画像である。

【図 14】図 14 は、様々な実施形態に従って生成することのできる別の模範的な 2 D 画像である。

10

【図 15】図 15 は、様々な実施形態に従って生成することのできる模範的なメッシュを例示する。

【図 16】図 16 は、様々な実施形態に従って生成することのできる別の模範的な 3 D 画像である。

【図 17】図 17 は、様々な実施形態に従って生成することのできる別の模範的な 3 D 画像である。

【図 18】図 18 は、様々な実施形態に従って 3 D 画像データセットから 3 D 画像を抽出する模範的な方法を例示する流れ図である。

【図 19】図 19 は、図 18 に示された方法を例示する模範的なモデルである。

【図 20】図 20 は、様々な実施形態に従って生成することのできる模範的な表面メッシュを例示する。

20

【図 21】図 21 は、図 20 に示された表面メッシュを用いて生成することのできる器官の画像である。

【図 22】図 22 は、様々な実施形態に従って生成することのできる器官の一部及び模範的な表面メッシュの 2 D 画像である。

【図 23】図 23 は、図 22 に示された表面メッシュを用いて抽出することのできる 2 D スライスの画像である。

【図 24】図 24 は、様々な実施形態に従って形成された模範的なイメージング・システムである。

【発明を実施するための形態】

30

【0009】

本発明の様々な特定の実施形態は、添付の図面を参照して読めば、より良く理解されよう。図面には様々な実施形態の機能ブロックを線図で示しているが、それらの機能ブロックは必ずしもハードウェア回路間の区分を表すものではない。従って、例えば、1 つ又は複数の機能ブロック（例えば、プロセッサ又はメモリ）は、単一体のハードウェア（例えば、汎用信号プロセッサ又はランダム・アクセス・メモリ、ハードディスクなど）の中で具現化することができる。同様に、プログラムは、独立型プログラムとすることができ、またオペレーティング・システム内のサブルーチンとして組み込むことができ、またインストールされたソフトウェア・パッケージ内の機能などであってよい。ここで、様々な実施形態は図面に示された配置構成及び手段に制限されないことを理解されたい。

40

【0010】

本書において、単数形で表され且つ数の特記していない要素及び段階は、特に明記していない限り、複数の該要素及び段階を排除するものではないことを理解されたい。更に、本発明の「一実施形態」と云う場合、これは、その記載した特徴を同様に取り入れている更に別の実施形態の存在を排除するものとして解釈すべきであることを意図してはいない。また更に、特定の特性を持つ 1 つ又は複数の要素を「有する」又は「持っている」実施形態は、特に否定しない限り、その特性を持っていない追加の同様な要素を含むことができる。

【0011】

様々な実施形態では、三次元（3 D）画像をナビゲートするためのシステム及び方法、

50

3Dメッシュを生成するための方法、並びに関心のある3Dボリュームを抽出するための方法を提供する。具体的に述べると、様々な実施形態では、3D画像データセットにアクセスし、該3D画像データセットを用いて3Dセグメンテーションの結果に対応する3Dメッシュを生成し、該3D表面メッシュの3D表面レンダリングを表示し、そして、オペレータが、レンダリングされた3Dメッシュ上に指示されたユーザーから受け取った手動入力に基づいて3D画像をナビゲートできるようにする。このように、様々な実施形態を実施することによって、1つの技術的効果として、3D画像をレンダリングし、セグメント化し、及び/又は抽出するために利用される時間が短くされる。

#### 【0012】

図1は、様々な実施形態に従って形成される模範的なイメージング・システム10の簡略ブロック図である。模範的な実施形態では、イメージング・システム10はMRIシステムである。動作において、システム10は、被検体12内にスピンの集団を誘起して、被検体12の少なくとも一部分の三次元(3D)画像データセット14を表す一組の核磁気共鳴(NMR)信号を発生させるように構成されている。イメージング・システム10はまた、3D画像データセット14を受け取るコンピュータ20を含む。コンピュータ20は、3D画像データセット14を処理して、被検体12の関心のある領域の3D画像22を再構成する。様々な実施形態では、コンピュータ20は3D画像ナビゲーション・モジュール30を含むことができ、該3D画像ナビゲーション・モジュール30は、オペレータが、該オペレータから受け取った手動入力に基づいて3D画像22をナビゲートできるようにプログラムされている。コンピュータ20はまた、3D画像データセット14をセグメント化して、セグメント化された3D画像22を生成するようにプログラムされているセグメンテーション・モジュール32を含むことができる。コンピュータ20は更に、3D画像データセット14から模範的な物体又は器官(図示せず)の3D画像を抽出するようにプログラムされているオブジェクト抽出モジュール34を含むことができる。ここで、モジュール30、32及び34は、ハードウェア、スイッチング、又はそれらの組合せで具現化できることに留意されたい。例えば、モジュール30、32及び34は、有形の持続性コンピュータ読取り可能な媒体として具現化し又は該媒体を用いて遂行することができる。

#### 【0013】

図2は、図1に示されたイメージング・システム10のようなイメージング・システムを利用して、3D画像をナビゲートするための模範的な方法100の流れ図である。模範的な実施形態では、画像ナビゲーションが、オペレータから受け取った手動入力に基づいて3D画像ナビゲーション・モジュール30によって遂行される。しかしながら、3D画像をナビゲートする様々な実施形態が任意のイメージング・システムを用いて具現化することができること、及び図1に示されているイメージング・システム10がこのように模範的なイメージング・システムの一実施形態であることを理解されたい。方法100は、例えば、コンピュータ20及び/又はナビゲーション・モジュール30に保存される一組の命令として、具体化することができる。

#### 【0014】

段階102で、被検体12の撮像走査を遂行して、生の画像データセット14(本書では、3Dボリューム測定(volumetric)データセットとも呼ぶ)を生成する。より具体的に述べると、イメージング・システム10が走査を遂行して、NMR信号を発生させる。模範的な実施形態では、イメージング・システム10は、例えば、脳を含む関心のある領域の走査を遂行するように構成される。従って、3D画像データセット14は、脳と該脳を取り囲む領域の少なくとも幾分かについて所定の期間にわたって取得された、3つの直交軸によって表される一組(セット)の3Dデータである。3D画像データセット14は、脳を含む関心のある領域のNMR信号を表す。ここで、様々な実施形態を脳のイメージングに関して説明するが、これらの様々な実施形態は他の器官のイメージングに利用できること、また脳がこのような器官の一例であることを理解されたい。

#### 【0015】

段階 104 で、セグメンテーション・アルゴリズムが 3D 画像データセット 14 について遂行されて、脳に関連した画像データを、他の解剖学的構造に関連した画像データから分離する。動作において、セグメンテーション・アルゴリズムは、脳のような関心のある物体の位置を突き止めて、脳の画像データを、余り又は全く関心のない（例えば、臨床的関連性の低い）周囲の物体の画像データから分離するように構成される。

【0016】

セグメンテーション・アルゴリズムは、一般的に、画像データ内の各ボクセルの密度を決定することによって、脳を取り囲む骨及び流体、並びに他の解剖学的構造を、脳から区別することができることを想定する原理を用いている。密度は一般的にボクセルの強度値を表す。各々のボクセルの密度値に基づいて、脳は他の解剖学的構造から区別することができる。従って、段階 104 で、セグメンテーション・アルゴリズムは、表面メッシュ（後でより詳しく説明する）を利用することにより、例えば閾値処理を用いて、画像データセット 14 内の各ボクセルの密度値を所定の密度値と自動的に比較する。模範的な実施形態では、所定の密度値は、或る範囲の所定の密度値とすることができる。所定の密度値の範囲は、脳についての先験的情報に基づいて自動的に設定することができる。随意選択により、該所定の範囲はオペレータによって手動で入力することができる。一実施形態では、或るボクセルの密度値が所定の範囲内にある場合は、該ボクセルは脳に属するものとして分類される。その他の場合は、該ボクセルは脳に属さないものとして分類される。ここで、セグメンテーション・アルゴリズムはまた、脳を識別するために他のセグメンテーション技術と共に利用することができることを理解されたい。また、他の適当なセグメンテーション・アルゴリズムを用いることもできることを理解されたい。

【0017】

従って、段階 104 で、画像データセット 14 内の脳についての画像データ、例えば、セグメンテーション・アルゴリズムを用いて識別されたボクセル情報は、脳を表すボクセル情報を含むデータセットを生成するために利用される。関心のないデータ（例えば、脳の外側にある実質的に全てのもの）を最初の画像データセット 14 から除くことによってボクセル情報を分離することは、処理すべき残っているボクセルの数を低減するのに役立つ。模範的な実施形態では、段階 104 で述べたセグメンテーションは、3D メッシュ 214（図 5～図 7 に示す）を用いて具現化される。3D メッシュ 214 は、シード（種）アルゴリズム又は他の適当なアルゴリズムとすることができる。

【0018】

段階 106 で、段階 104 で識別された脳のセグメント化された情報を利用して、脳の 3D 画像を生成して表示する。例えば、図 3 は、段階 104 で取得された情報を使用して生成し表示することのできる脳 202 の模範的な 3D 表面レンダリング（200）を例示する。更に、3D メッシュ 214 を含む複数の二次元画像を 3D 画像 200 と同時に表示することができる。例えば、図 4 は、段階 106 で生成し表示することのできる脳 202 の模範的な二次元（2D）画像 204 を例示する。ここで、図 4 は脳 202 の矢状方向ビュー（view）であるが、脳 202 の冠状方向及び／又は軸方向ビューを脳 202 の 3D 画像 200 と同時にオペレータに対して生成し表示することもできることを理解されたい。例えば、図 5 は 3D メッシュ 214 の側面図を示し、図 6 は 3D メッシュ 214 の正面図を示し、また図 7 は 3D メッシュ 214 の底面図を示す。

【0019】

動作において、3D メッシュ 214 は、脳 202、或いは任意の他の選択された器官、組織又は骨が、メッシュ 214 によって完全に包囲されるように、脳 202 を自動的にカプセル化(encapsulate) するように構成される。より具体的に述べると、3D メッシュ 214 は、周囲の組織、流体及び／又は骨から脳 202 を自動的にセグメント化するように構成される。

【0020】

模範的な実施形態では、メッシュ 214 は複数の頂点(vertex)又はメッシュ点 220 によって定義される。より具体的に述べると、各々のメッシュ点 220 が 3D 空間における

10

20

30

40

50

異なる座標を表す。動作において、メッシュ 2 1 4 を利用することにより、オペレータが、段階 1 0 4 で遂行された自動セグメンテーションの結果を視覚的に観察して、メッシュ 2 1 4 が関心のある領域を完全にカプセル化しているかどうか又は関心のない領域を含んでいるかどうかを決定することが可能になる。

#### 【 0 0 2 1 】

再び図 2 について説明すると、段階 1 0 8 で、3 D メッシュ 2 1 4 を利用することにより、レンダリングされた 3 D メッシュ 2 1 4 上に指示されたユーザーから受け取った手動入力に基づいて 3 D 画像 2 0 2 をナビゲートすることができる。3 D 画像 2 0 2 を手動でナビゲートするために、オペレータは、3 D 画像を、ユーザー選択の配向まで、例えば、図 3 に示された配向まで、3 つに軸において手動で回転させることができる。より具体的に述べると、オペレータは、3 D 脳表面上のカーソルの投影が点 2 3 0 になる場所にカーソルを位置決めすることができる。点 2 3 0 を含む 3 つの直交スライスを表す 3 つの画像が表示される。1 つのこのようなスライスの例が、図 4 に矢状方向スライス 2 0 4 として示されており、この場合、矢状方向ビューの中の点 2 3 0 の対応する位置は前頭葉にある。この場所では脳の前頭部がセグメンテーション・メッシュによって切断されることが明らかである。随意選択により、表示することのできる 3 つの直交スライスは、カーソル 2 3 0 の移動につれて同時に表示することができる。例えば、オペレータが 3 D 画像 2 0 0 上のカーソル 2 3 0 を位置決めし直すとき、3 つの直交スライスがカーソル 2 3 0 の移動につれて実時間で自動的に表示される。

#### 【 0 0 2 2 】

このように、オペレータはカーソル 2 3 0 を 3 D 画像 2 0 2 の関心のある異なる領域へ位置決めし直すことができ、またカーソル 2 3 0 の場所によって表される 3 つの直交スライスの 2 D 画像を同時に見ることができる。この態様では、オペレータは関心のある領域を素早く且つ容易に識別することができ、また同時に、(カーソル 2 3 0 によって指示された場所にメッシュ 2 1 4 の視覚的描写を含んでいる)複数の 2 D 画像 2 0 4 を観察することによって、メッシュ 2 1 4 が所望の場所にあるかどうか決定することができる。

#### 【 0 0 2 3 】

別の実施形態では、オペレータは任意の 1 つの 2 D 画像上でカーソル 2 3 0 を位置決めし直すことができる。この場合も、カーソル 2 3 0 が(例えば、2 D 画像 2 0 4 のような)2 D 画像上の選択された位置に位置決めされると、カーソル 2 3 0 の場所によって表される 3 D 画像 2 0 及び残りの 2 D 画像が自動的に更新されて表示される。

#### 【 0 0 2 4 】

以上のように、様々な実施形態は、オペレータがレンダリングされた 3 D メッシュ 2 1 4 上の又は 3 D 画像 2 0 2 上の少なくとも 1 つの点を手動で選択することを可能にし、且つ 3 D 場所に対応する選択された点及びユーザー選択の配向に基づいて 3 つの直交スライス上にオーバーレイされた 3 D メッシュ点 2 2 0 を含む 3 つの直交スライスを同時に表示することを可能にする。更に、表示された画像は、オペレータがメッシュ 2 1 4 の外側にある関心のある領域及び/又はメッシュ 2 1 4 の内側にある関心のない領域を手動で突き止めることができるように、利用することができる。

#### 【 0 0 2 5 】

図 8 は、図 1 に示されたイメージング・システム 1 0 を利用して 3 D 画像をセグメント化する模範的な方法 3 0 0 の流れ図である。模範的な実施形態では、画像セグメンテーションは、オペレータから受け取った手動入力に基づいて 3 D 画像セグメンテーション・モジュール 3 2 によって遂行される。しかしながら、3 D 画像をセグメント化する様々な方法は任意のイメージング・システムによって具現化することができること、及び図 1 に示されたイメージング・システム 1 0 がこのような模範的なイメージング・システムの一実施形態であることを理解されたい。方法 3 0 0 は、例えば、コンピュータ 2 0 及び/又はセグメンテーション・モジュール 3 0 に保存される一組の命令として具現化することができる。

#### 【 0 0 2 6 】



段階 302 で、段階 102 と同様に、被検体 12 の撮像走査を遂行して、生の画像データセット 14 を生成する。前に述べたように、模範的な実施形態では、画像データセット 14 は 3D ボリューム測定データセットである。

【0027】

段階 304 で、段階 104 と同様に、セグメンテーション・アルゴリズムが 3D 画像データセット 14 について自動的に遂行されて、脳に関連した画像データを、他の解剖学的構造に関連した画像データから分離する。動作において、セグメンテーション・アルゴリズムは、脳のような関心のある物体の位置を突き止めて、脳の画像データを、余り又は全く関心のない周囲の物体の画像データから分離するように構成される。従って、様々な実施形態を脳のイメージングに関して説明するが、関心のある他の器官を本書で述べるように撮像しセグメント化することができる。模範的な実施形態では、セグメンテーション・アルゴリズムは、メッシュ 214 のような表面メッシュを利用することにより、例えば閾値処理を用いて、画像データセット 14 内の各ボクセルの密度値を所定の密度値と自動的に比較する。また、他の適当なセグメンテーション・アルゴリズムを用いることもできることを理解されたい。

【0028】

段階 306 で、段階 304 で識別された脳のセグメント化された情報を利用して、脳の 3D 画像、例えば、図 3 に示されている脳 202 の 3D 表面レンダリング 200 を生成して表示する。更に、3つの異なる直交スライスを表す 3つの画像を生成することができる。例えば、図 4 は、段階 306 で生成することのできる脳 202 の二次元 (2D) 画像 204 を例示する。前に述べたように、図 4 は脳 202 の矢状方向ビューであるが、脳 202 の冠状方向及びノ又は軸方向ビューを脳 202 の 3D 画像 200 と同時にオペレータに対して生成し表示することもできることを理解されたい。例えば、図 5 は 3D メッシュ 214 の側面図を示し、図 6 は 3D メッシュ 214 の正面図を示し、また図 7 は 3D メッシュ 214 の上面図を示す。

【0029】

動作において、3D メッシュ 214 は、脳 202、或いは任意の他の選択された器官、組織又は骨が、メッシュ 214 によって完全に包囲されるように、脳 202 を自動的にカプセル化するように構成される。より具体的に述べると、3D メッシュ 214 は、周囲の組織、流体及びノ又は骨から脳 202 を自動的にセグメント化するように構成される。

【0030】

再び図 5 ~ 図 7 を参照して説明すると、メッシュ 214 は複数のメッシュ点 220 によって定義され、各々のメッシュ点 220 は 3D 空間における異なる座標を表す。模範的な実施形態では、少なくとも幾つかのメッシュ点には、該点によって表されたそれぞれの 3D 座標におけるボクセルの強度値又は輝度を表すカラー (色) を割り当てることができる。カラーは、強度値に基づいてグレースケールで表すことができる。随意選択により、カラーは、異なるカラー、例えば、赤、青、緑などで表すことができる。例えば、点 222 は、その位置における強度値が比較的低いことを示す明るい灰色で表すことができる。また、点 224 は、その場所における強度値が比較的高いことを示す黒色で表すことができる。カラー・メッシュ点 220 は、メッシュ 214 が関心のある物体 (例えば、脳 202) を完全にカプセル化したかどうかをオペレータが視覚的に決定できるようにする。動作において、カラー化されたメッシュ 214 を利用することにより、オペレータが、段階 104 で遂行された自動セグメンテーションの結果を視覚的に観察して、メッシュ 214 が関心のある領域を完全にカプセル化しているか又は関心のない領域を含んでいるかどうかを決定することが可能になる。

【0031】

再び図 4 を参照して説明すると、模範的な実施形態では、メッシュ 214 は要望通りに脳 202 を完全にカプセル化しない。その結果、メッシュ 214 は、点 230 によって示される脳の少なくとも一部分が脳 202 の内側に位置するように配置される。例えば、再び図 3 を参照して説明すると、領域 210 のような、薄い陰影のある領域は、脳 202 の

外側にある領域を表す。また、領域 2 1 2 のような、暗い陰影のある領域は、脳 2 0 2 自体を表す。

【 0 0 3 2 】

再び図 8 について説明すると、段階 3 0 8 で、3 D メッシュ 2 1 4 は、3 D メッシュ 2 1 4 の内側にない（すなわち、外側にある）選択された器官の領域を識別するために利用することができる。メッシュ 2 1 4 の外側にある領域を識別するために、オペレータは、3 D 画像を、ユーザー選択の配向まで、例えば図 3 に示された配向まで、3 つに軸において手動で回転させることができる。より具体的に述べると、関心のある領域を識別するために、オペレータは、3 D 画像 2 0 0 上でカーソル 2 3 0 を位置決めすることができる。カーソル 2 3 0 が 3 D 画像上の所望の点に位置決めされると、オペレータは、例えばマウスを用いて、選択された点をクリックすることができる。点が選択されると、3 つの直交スライス上にオーバーレイされた 3 D メッシュ点 2 2 0 を含む 3 つの直交スライスが同時に表示される。1 つのこのようなスライスの例が、図 4 に矢状方向スライス 2 0 4 として示されている。随意選択により、表示される 3 つの直交スライスは、カーソル 2 3 0 の移動につれて同時に表示することができる。例えば、オペレータが 3 D 画像 2 0 0 上のカーソル 2 3 0 を再位置決めするとき、3 つの直交スライスはカーソル 2 3 0 の移動につれて実時間で自動的に表示される。

10

【 0 0 3 3 】

このように、オペレータはカーソル 2 3 0 を 3 D 画像 2 0 2 上の関心のある異なる領域へ位置決めし直して、カーソル 2 3 0 の場所によって表される 3 つの直交スライスの 2 D 画像を同時に観察することができる。この態様では、オペレータは関心のある領域を素早く且つ容易に識別することができ、また同時に、（カーソル 2 3 0 によって指示された場所にメッシュ 2 1 4 の視覚的描写を含んでいる）複数の 2 D 画像 2 0 4 を観察することによって、メッシュ 2 1 4 が所望の場所にあるかどうか決定することができる。

20

【 0 0 3 4 】

別の実施形態では、オペレータは任意の 1 つの 2 D 画像上でカーソル 2 3 0 を位置決めし直すことができる。この場合も、カーソル 2 3 0 が 2 D 画像 2 0 4 上の選択された位置に位置決めされると、カーソル 2 3 0 の場所によって表される 3 D 画像 2 0 及び残りの 2 D 画像が自動的に更新されて表示される。

【 0 0 3 5 】

30

再び図 8 について説明すると、段階 3 1 0 で、メッシュ 2 1 4 のサイズ又は場所を、段階 3 0 8 で行われた決定に基づいて手動で調節することができる。より具体的に述べると、メッシュ 2 1 4 は、該メッシュ 2 1 4 によって現在カプセル化されている不所望の領域を除去し、又は該メッシュ 2 1 4 によって現在カプセル化されていない所望の領域を追加するように、調節することができる。例えば、再び図 4 を参照して説明すると、メッシュ 2 1 4 は、（脳 2 0 2 の外側の領域を表す）薄い陰影のある領域 2 1 0 がセグメンテーション情報から除去されるように、調節することができる。

【 0 0 3 6 】

メッシュ 2 1 4 をサイズ変更するため、従って不所望の領域を除去し又は所望の領域を追加するため、オペレータは、図 4 の画像に示された点 2 4 2 のような、任意の 1 つの 2 D 画像上の任意の点に、カーソル 2 3 0 を位置決めすることができる。例えば、一実施形態では、オペレータは、カーソルを、図 3 に示されているように点 2 3 0 に手動で位置決めすることができる。矢状方向ビューにおける点 2 3 0 の対応する位置が、図 4 に示されている。明らかなように、点 2 3 0 の近くの幾分かの脳領域がセグメンテーション・メッシュによって切断されている。オペレータは、セグメンテーション・メッシュを到達させたい点 2 3 0 近くの点 2 4 2 を手動でクリックすることができる。メッシュ 2 1 4 は、基準として点 2 4 2 を用いて 3 つの次元において自動的にサイズ変更される。または更に、修正された 3 D 画像及び一組の修正された 2 D 画像が自動的に表示される。例えば、図 9 は、サイズ変更されたメッシュ 2 1 4 に基づいた 3 D セグメンテーションの結果を表す修正された 3 D 画像 2 5 0 を示す。また更に、図 1 0 は、サイズ変更されたメッシュ 2 1 4

40

50

に基づいて生成されて表示された2D画像252であり、これは、カーソル位置230によって指示された修正された位置に配置されたメッシュ214を含む。この場合でも、サイズ変更されたメッシュ214の矢状方向ビューのみが示されているが、模範的な実施形態では、修正されたメッシュ214の冠状方向ビュー又は軸方向ビューが、画像2452として示された矢状方向ビューと同時に表示され得ることを理解されたい。

#### 【0037】

模範的な実施形態では、段階310で、メッシュ214は、反復的な幾何学に基づく画像操作法(GIMMIE)を用いてサイズ変更することができる。動作において、GIMMIEは、オペレータが、関心のある器官の3D画像を、該器官の上にオーバーレイされたセグメンテーション・メッシュ214と共に観察できるようにする。そこで、オペレータは、画像及びメッシュ214を観察しながら、メッシュ214を手動で操作することができる。GIMMIEは、オペレータが、点242のような「引張り点(pull point)」を選択できるようにする。次いで、GIMMIEは、オペレータによって選択された基準点242の位置に基づいてメッシュ214を自動的にサイズ変更する。別の実施形態では、オペレータは、任意の1つの2D画像でメッシュをサイズ変更するために引張り点を選択することができる。GIMMIEは、画像の特性とは独立に動作する。メッシュ操作が完了した後、所望のVOI(関心のあるボリューム)が抽出されて、関心のある器官の修正された3D画像を生成するために用いられる。

#### 【0038】

模範的な実施形態では、GIMMIEを用いて、メッシュ214のような模範的なメッシュのサイズまたは場所を修正することは、図11に示されている方法400によって行うことができる。図11に示されているように、段階402で、3D画像データセットの少なくとも1つのビュー、好ましくは、複数のビューが、各々のビュー上にオーバーレイされた最初の3D表面メッシュ350と同時に表示される。例えば、図12は、模範的な矢状方向画像360を、その上にオーバーレイされたメッシュ350と共に例示する。図13は、模範的な軸方向画像362を、その上にオーバーレイされたメッシュ350と共に例示する。図14は、模範的な冠状方向画像364を、その上にオーバーレイされたメッシュ350と共に例示する。

#### 【0039】

図11及び図15について説明すると、段階404で、最初の3Dメッシュ350上の(引張り点242のような)引張り点が、前に述べたようにオペレータによって選択される。説明を簡単にするために、引張り点242を本書では「端点」242とも呼び、これは、オペレータがメッシュ350の一部を位置決めし直すことを望んでいる場所を表す。段階406で、引張り点242に最も近いメッシュ表面上の一点が識別される。模範的な実施形態では、図15に示されているメッシュ点240が、引張り点242に最も近いと決定される。

#### 【0040】

段階408で、メッシュ点240の調節距離が、引張り点242の座標とメッシュ点240の座標との間の差を計算することによって決定される。調節方向もまた点242及び240によって決定される。次いで、点240における頂点を引張り点242まで移動させる。メッシュ表面上の更新領域の有効半径は、予め選択するか、又は画像表面の形状を分析することによって計算することができる。画像表面上の更新領域は、メッシュ点240を中心とする。段階410で、図12～図14に示されている修正された3D画像200及び修正された3Dメッシュを同時に表示しながら、更新領域内の全ての頂点が計算されて、引張り点242によって指示された修正された位置へ調節されるまで、段階404～段階408が繰り返される。より具体的に述べると、各々の引張り点242がオペレータによって選択されたとき、メッシュ350の修正された場所を示す3D画像200及び2D画像が実時間で自動的に更新されて、メッシュ350の修正された場所を反映する。再び図11について説明すると、段階412で、オペレータが位置決めし直すことを望んでいるメッシュ350の各部分について、段階404～段階410が繰り返される。ここ

10

20

30

40

50

で、メッシュ 3 5 0 の各部分は、オペレータがメッシュを移動させたいと望んでいる画像上の点に引張り点を手動で選択することによって、位置決めし直すことができることを理解されたい。段階 4 1 4 で、位置決めし直されたメッシュによって囲まれた領域が、以下により詳しく説明するように抽出される。

#### 【 0 0 4 1 】

模範的な実施形態では、最初のメッシュ 3 5 0 のサイズを調節するために、引張り点 2 4 2 と選択された点 2 4 0 (これは、点 2 4 2 に最も近い頂点を表す) との間の距離を計算する。引張り点 2 4 2 と点 2 4 0 との間に画成された領域内の各頂点について、頂点シフト距離及びシフト方向を計算する。次いで、計算されたシフト距離及びシフト方向を利用することにより、最初のメッシュ 3 5 0 の視覚可能な場所を実時間で更新する。

10

#### 【 0 0 4 2 】

例えば、図 1 5 は、メッシュ 3 5 0 の最初の位置を例示する。メッシュ 3 5 0 は複数の頂点またはメッシュ点 2 2 0 によって定められる。従って、複数のメッシュ点 2 2 0 は、最初の位置において最初のメッシュ 3 5 0 の表面 3 5 2 を画成する。表面 3 5 2 は、メッシュ点 2 4 0 によって指示されたメッシュ 3 5 0 の場所を表す。模範的な実施形態では、メッシュ 3 5 0 は、各頂点が多数の近隣の頂点を持つ三角形または正方形のような複数の多角形によって画成することができる。また更に、点 2 4 2 は、オペレータがそこまでメッシュ 3 5 0 の一部分を移動させたいと望む 3 D 空間内の点を表す。従って、動作において、オペレータは引張り点 2 4 2 をクリックする。セグメンテーション・アルゴリズムは、メッシュ点 2 4 0 の周りの局部領域 3 5 6 を自動的に識別して、局部領域 3 5 2 を修正された領域 3 5 6 へ移行させる。模範的な実施形態では、領域 3 5 2 と領域 3 5 6 との間の移行は実質的に滑らかであり、更新された局部表面領域 3 5 6 の縁部は元の (最初の) メッシュ表面 3 5 2 へ滑らかに移行する。

20

#### 【 0 0 4 3 】

模範的な実施形態では、最初のメッシュ 3 5 0 は任意の形状を持つことができる。本書で述べる実施形態では、メッシュ 3 5 0 の表面 3 5 2 は、脳 2 0 2 と合致する形状にする。しかしながら、メッシュ表面 3 5 2 は、任意の形状を持つ器官と合致する任意の形状を持つことができることを理解されたい。従って、動作において、メッシュ内の各頂点について、その近隣の頂点が計算される。次いで、最初のメッシュ 3 5 0 が、自動変形のために頭部画像 2 0 0 内に配置される。次いで自動変形法により、脳メッシュ 2 1 4 上の各頂点を脳表面へ向かって移動させて、最終のメッシュ 3 5 8 を含む画像を生成する。例えば、図 1 6 は、メッシュ点 2 4 0 における最初のメッシュ 3 5 0 の場所を示している模範的な画像 3 8 0 を例示する。更に、図 1 7 は、本書で述べたように自動的に調節された後の引張り点 2 4 2 における最終のメッシュ 3 5 8 の場所を示している模範的な画像 3 8 2 を例示する。動作において、最初のメッシュ 3 5 0 を点 2 4 0 から点 2 4 2 へシフトまたは移動させる段階は、唯一回だけのクリックによって、メッシュ表面 3 5 2 上の数百又は数千の頂点を三次元で編集する段階を含む。一実施形態では、編集には、数百又は数千の頂点よりも多い又は少ない数の頂点を編集することを含むことができる。

30

#### 【 0 0 4 4 】

より具体的に、再び図 1 5 を参照して説明すると、動作において、オペレータが引張り点 2 4 2 を選択する。引張り点 2 4 2 の座標が、例えば、セグメンテーション・モジュール 3 2 を用いて、識別される。段階 4 0 8 で、引張り点 2 4 2 とその最も近いメッシュ点 2 4 0 との間の調節距離が、引張り点 2 4 2 の座標とメッシュ点 2 4 0 の座標との間の差を計算することによって決定される。最初のメッシュ 3 5 0 の複数の頂点が、図 1 2 ~ 図 1 4 に示されている修正された 3 D 画像 2 0 0 及び修正された画像を同時に表示しながら、調節される。

40

#### 【 0 0 4 5 】

より具体的に述べると、動作において、オペレータが引張り点 2 4 2 を選択する。次いで、モジュール 3 2 が、引張り点 2 4 2 に最も近いメッシュ表面上の頂点 (例えば、頂点 2 4 0 ) を検索する。次いで、更新領域 3 9 2 の半径方向寸法が表面 3 5 2 の曲率によ

50

て決定されるか、又は所定の値を用いる。一実施形態では、更新領域 392 の寸法が比較的大きい場合、更新領域 392 の半径方向寸法は、例えば、約 80 ～ 100 mm に選択される。随意選択により、更新領域 392 の半径方向寸法が比較的小さい場合、更新領域 392 の半径方向寸法は、例えば、約 40 ～ 60 mm に選択することができる。ここで、更新領域 392 が、ここで述べた模範的なサイズ（寸法）とは異なるサイズを持ち得ることを理解されたい。セグメンテーション・モジュール 32 が、例えば、半径方向移動及び変化の大きさを指示する方向ベクトルを用いて、点 242 への点 240 の移動に基づいて表面更新の方向を計算する。

【0046】

例えば、更新方向 244 は、点 240 と点 242 との間に伸びる線に平行である。模範的な実施形態では、更新領域 392 内の複数の頂点は平行にシフトされる。表面 352 と表面 358 との間の滑らかな移行を生成するため、各頂点のシフト距離が、更新半径によって決定されるダンピング(damping) 係数 を用いて相次いで計算される。従って、3D 更新が、1D 計算として簡単化される。

【0047】

模範的な実施形態では、複数の頂点を平行移動させるために利用されるシフト関数は、次の数式（1）に従って計算される。

【0048】

【数1】

$$s(v_i) = l \cdot \exp\left(-\frac{[d(v_i)]^2}{2\sigma^2}\right)$$

ここで、 $l$ （エル）は、端点 242 と最も近い頂点との間の距離である。また、 $d(v_i)$  は、頂点  $v_i$  から、点 240 と点 242 とを結ぶ線までの距離である。更に、 $\sigma$  は、更新領域 392 内の各頂点についてのシフト距離のダンピングを制御するために利用されるダンピング係数である。

【0049】

模範的な実施形態では、最終のメッシュ 358 が更新領域 392 の境界において最初のメッシュ 350 と滑らかに結合できるようにするために、 $\sigma$  は  $R/3$  よりも小さく設定される。ここで、 $R$  は、更新領域の半径方向寸法である。次いで、最終のメッシュ 358 の位置が次の数式（2）に従って計算される。

【0050】

【数2】

$$\vec{p}'(v_i) = \vec{p}_0(v_i) + s(v_i) \cdot \vec{n}$$

ここで、 $\vec{n}$ （頭に矢印）は、点 240 から点 242 へ方向である。また、 $\vec{p}_0$ （頭に矢印）及び  $\vec{p}'$ （頭に矢印）は、それぞれ最初の頂点位置及び更新された頂点位置である。3D メッシュ編集についての処理段階が図 11 に示されている。

【0051】

再び図 11 について説明すると、段階 412 で、メッシュ 214 がオペレータの望む場所に来るまで、例えば、オペレータが 3D 表面メッシュ 214 によって画成された 3D 領域に満足するまで、段階 404 ～ 段階 410 を繰り返す。段階 414 で、3D メッシュを境界とする領域を、修正された 3D 画像として抽出することができる。より具体的に述べ

10

20

30

40

50

ると、3Dメッシュによってカプセル化された領域を抽出することにより、オペレータによって3Dメッシュ内にあるべきものとして選択された情報のみを含む別個の3D画像を形成することができる。

#### 【0052】

上述した様々な実施形態は、多数の画像点を1回の動作で更新することのできる編集ツールを提供する。更新された画像表面は滑らかで自然である。様々な実施形態は、オペレータが3Dレンダリングされたメッシュ214上の又は3D画像202上の少なくとも1つの点を手動で選択し且つ3D位置に対応する選択された点及びユーザー選択の配向に基づいて3つの直交スライス上にオーバーレイされた3Dメッシュ点220を含む3つの直交スライスを同時に表示することができるようにする。また更に、表示された画像を利用することにより、オペレータは関心のある領域を追加し又は関心のない領域を除くようにメッシュを手動でサイズ変更することができるようになる。様々な実施形態は実時間で実施することができ且つ異なるモダリティで異なる用途に用いることができる。

#### 【0053】

図18は、3D画像データセットから3D画像を抽出する模範的な方法500を例示する流れ図である。模範的な実施形態では、関心のある物体は脳202である。しかしながら、方法500は、3D画像データセット内の任意の関心のある物体を抽出するために利用できることを理解されたい。模範的な実施形態では、画像抽出は、オペレータから受け取った手動入力に基づいて3D画像抽出モジュール34(図1に示す)によって遂行される。しかしながら、3D画像を抽出する様々な方法がイメージング・システムを用いて実施され得ること、また図1に示すイメージング・システム10がこのような模範的なイメージング・システムの一実施形態であることを理解されたい。方法500は、例えば、コンピュータ20及び/又はセグメンテーション・モジュール30に保存される一組の命令として具現化することができる。

#### 【0054】

段階502で、段階102及び302と同様に、被検体12の撮像走査が遂行されて、生の画像データセット14を生成する。前に述べたように、模範的な実施形態では、画像データセット14は3Dボリューム測定データセットである。

#### 【0055】

段階504で、所望の3Dメッシュが3D画像の関心のある領域上に配置される。動作において、所望のメッシュは、脳のような関心のある物体を突き止めて、脳の画像データを、余り又は全く関心のない周囲の物体の画像データからセグメント化すなわち分離するように構成される。従って、様々な実施形態を脳のイメージングに関して説明するが、関心のある他の器官を本書で述べるように撮像しセグメント化することができる。模範的な実施形態では、表面メッシュを利用することにより、例えば閾値処理を用いて、画像データセット14内の各ボクセルの密度値を所定の密度値と自動的に比較する。所望のメッシュは、各頂点が多数の近隣の頂点を持つ三角形または正方形のような複数の多角形によって画成することができる。模範的な実施形態では、所望のメッシュは複数の三角形によって画成される。

#### 【0056】

段階506で、所望のメッシュを形成する三角形の法線方向が計算されて、座標面上に投影される。図19は、所望のメッシュ552の一部を形成する模範的な三角形550を例示する。図19に示されているように、三角形550は、様々な実施形態に従って模範的な表面又は投影面554上に投影される。投影された三角形は、三角形556として描かれている。表面554はX軸560とY軸562とによって画成される。また更に、投影空間が、X軸560とY軸562とZ軸564とによって画成される。

#### 【0057】

従って、三角形550の座標は、 $(x_1, y_1, z_1)$ 、 $(x_2, y_2, z_2)$ 及び $(x_3, y_3, z_3)$ と定義される。ここで、 $(x_1, y_1, z_1)$ は三角形550の第1の点又は角570を表し、また $(x_2, y_2, z_2)$ は三角形550の第2の点又は角5

10

20

30

40

50

7 2を表し、また $(x_3, y_3, z_3)$ は三角形550の第3の点又は角574を表す。また更に、投影された三角形556の座標は、三角形556の第1の点又は角580を表す $(x_1, y_1)$ と、三角形556の第2の点又は角582を表す $(x_2, y_2)$ と、三角形556の第3の点又は角584を表す $(x_3, y_3)$ と定義される。

【0058】

段階506はまた、投影された三角形556の内側に位置する格子点を識別することを含む。投影された三角形556の内側に位置する格子点を識別するためには、再び図19について説明すると、第1の点580と第2の点582との間に定められて、 $(x, y)$ 平面を2つの部分に分割する線596が形成される。模範的な実施形態では、線596 $(y)$ は次の数式(3)に従って計算される。

10

【0059】

【数3】

$$y = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}x + y_1 - \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}x_1$$

模範的な実施形態では、数式(3)の $x$ 及び $y$ 検索領域は、次の数式(4)のように記述される矩形に制限される。

【0060】

20

【数4】

$$\begin{aligned} \min(x_1, x_2, x_3) &\leq x \leq \max(x_1, x_2, x_3) \\ \min(y_1, y_2, y_3) &\leq y \leq \max(y_1, y_2, y_3) \end{aligned}$$

格子点600のような格子点が、投影された三角形556の内側に位置しているかどうかを決定するために、段階510で、投影された三角形の第3の点584 $(x_3, y_3)$ の位置に対する線 $y$ の位置を計算する。より具体的に述べると、数式(3)に記載されている線 $y$ は、 $(x, y)$ 投影面554を2つの部分に分割する。選択された格子点が第3の点602 $(x_3, y_3)$ と同じ側又は線596上に無い場合、該選択された格子点は、投影された三角形586の外側にあると決定される。模範的な実施形態では、第3の点602 $(x_3, y_3)$ の場所を通過する線を、数式(3)と第3の点585 $(x_3, y_3)$ の座標とを用いて、決定することができる。同様に、第1及び第2の点580及び582 $(x_2, y_2)$ 及び $(x_3, y_3)$ を通過する線は、矩形検索空間内にあるが、投影された三角形556の内側にはない格子点を識別するために、第3の点584を通過する線と同じ態様で計算することができる。次いで、矩形検索領域内に残っている格子点は、以下により詳しく説明するように補間されるように選択される。

30

【0061】

三角形556を境界とする各々の格子点について、第3の座標 $z$ を次の数式(5)により計算することができる。段階512で、所望のメッシュ552を形成する各々の三角形部分について段階506～510を繰り返して、包囲3Dマスク表面を生成する。

40

【0062】

【数 5】

$$\begin{vmatrix} x-x1 & y-y1 & z-z1 \\ x2-x1 & y2-y1 & z2-z1 \\ x3-x1 & y3-y1 & z3-z1 \end{vmatrix} = 0$$

段階 5 1 4 で、最終の 3 D 表面メッシュによってカプセル化されたポリュームを抽出する。模範的な実施形態では、3 つの方向における最終の 3 D 表面メッシュの最大及び最小座標を計算することにより、数式 ( 5 ) に従って抽出のための選択された 3 D ポリュームを識別する。従って、所望のメッシュ 5 5 2 内の各々の点は、該点が包囲メッシュの内側にあるかどうかを決定するために、3 つの方向において検査される。選択された点がメッシュの内側にある場合、該点のデータが 3 D 画像を生成するために抽出される。

【 0 0 6 3 】

例えば、図 2 0 は最初の 3 D メッシュ 5 5 2 の画像であり、また図 2 1 は、最初のメッシュ 5 5 2 によってカプセル化された脳の 2 D 画像である。図 2 0 に示されているように、各々の黒い正方形 6 1 0 はそれぞれメッシュ表面 5 5 2 上の頂点であり、また各々の白い正方形 6 1 2 はそれぞれ上述したように導き出された補間された点である。これらの白い及び黒い正方形 6 1 0 及び 6 1 2 は、一緒になって、完全な包囲表面メッシュ 6 1 4 を形成する。また更に、図 2 2 は、最終の表面メッシュ 6 1 4 を含む脳 2 0 2 の冠状方向ビュー 6 2 0 であり、また図 2 3 は、最終の表面メッシュ 6 1 4 を用いて生成することのできる脳 2 0 2 の 2 D スライス 6 2 2 である。

【 0 0 6 4 】

様々な実施形態の技術的效果は、3 D 格子空間内の補間点の自動検索を可能にし且つ完全な一組の 3 D 補間点を生成することを可能にすることである。最初のメッシュ頂点及び検索された補間点は、抽出すべき画像ポリュームを包囲する完全な 3 D 表面を形成する。より具体的に述べると、様々な実施形態では、各々のメッシュ三角形を 2 D 平面上に投影して、該三角形内に囲まれている 3 D 補間点を検索する。

【 0 0 6 5 】

図 2 4 は、図 1 に示されたイメージング・システム 1 0 の概略ブロック図である。模範的な実施形態では、イメージング・システム 1 0 は M R I システムであり、また磁石コイル支持構造上に支持された磁気コイルで形成された超電導磁石 7 0 0 を含む。しかしながら、他の実施形態では、永久磁石又は電磁石のような他の種類の磁石を使用することができる。容器 7 0 2 (「クライオスタット」とも呼ばれる) が超電導磁石 7 0 0 を取り囲み、該容器には、超電導磁石 7 0 0 のコイルを冷却するために液体ヘリウムが充填されている。断熱材 7 0 4 が、容器 7 0 2 の外側表面及び超電導磁石 7 0 0 の内側表面を取り囲むように設けられる。複数の磁気勾配コイル 7 0 6 が超電導磁石 7 0 0 内に設けられ、また R F 送信コイル 7 0 8 が複数の磁気勾配コイル 7 0 6 内に設けられる。実施形態によっては、R F 送信コイル 7 0 8 は、本書により詳しく述べられているように送受信コイルと交換できる。上述の構成要素はガントリ 7 1 0 内に配置されて、一般的には撮像部分 7 1 2 を形成する。ここで、超電導磁石 7 0 0 は円筒形であるが、他の形状の磁石を使用できることを理解されたい。

【 0 0 6 6 】

処理部分 7 2 0 が、一般に、制御装置 7 2 2、主磁界制御器 7 2 4、勾配磁界制御器 7 2 6、コンピュータ 2 0、表示装置 7 2 8、送受信 ( T - R ) スイッチ 7 3 0、R F 送信器 7 3 2 及び受信器 7 3 4 を含む。模範的な実施形態では、コンピュータ 2 0 は 3 D 画像ナビゲーション・モジュール 3 0 を含み、該モジュールは、オペレータが、オペレータから受け取った手動入力に基づいて 3 D 画像をナビゲートできるようにする。コンピュータ

10

20

30

40

50



20はまた、3D画像データセット14をセグメント化して、セグメント化された3D画像22を生成するセグメンテーション・モジュール32を含む。コンピュータ20は更に、3D画像データセット14から模範的な物体又は器官(図示せず)の3D画像を抽出するオブジェクト抽出モジュール34を含む。

【0067】

動作において、患者(図示せず)のような物体は、適当な支持体、例えば、電動テーブル(図示せず)又は他の患者テーブル上の開口部740内に配置される。超電導磁石700は、開口部740にわたって一様な静的主磁界B0を生成する。開口部740内、従って患者内の電磁界の強度が、主磁界制御器724を介して制御装置722によって制御される。主磁界制御器724はまた、超電導磁石700への付勢電流の供給を制御する。

10

【0068】

磁気勾配コイル706(1つ以上の勾配コイル要素を含む)は、超電導磁石700の開口部740の中の磁界B0に磁気勾配を3つの直交方向x, y, zの内の任意の1つ以上の方向に加えることができるように設けられる。磁気勾配コイル706は勾配磁界制御器726によって付勢され、且つまた制御装置722によって制御される。

【0069】

RF送信コイル708は複数のコイル(例えば、共鳴表面コイル)を含むことができるが、RF送信コイル708は、磁気パルスを送信し、及び/又は、随意選択により、(RF受信コイルとして構成された表面コイル(図示せず)のような)受信コイル要素も設けられている場合、患者からのMR信号を同時に検出するように構成される。RF送信コイル706及び受信表面コイルは、T-Rスイッチ730によって、RF送信器732又は受信器734の1つにそれぞれ選択的に接続される。RF送信器732及びT-Rスイッチ730は、RF磁界パルス又は信号がRF送信器732によって発生されて、患者内で磁気共鳴を励振させるために患者に選択的に印加されるように、制御装置722によって制御される。

20

【0070】

RFパルスの印加後、T-Rスイッチ730が再び作動されて、RF送信コイル708をRF送信器732から切り離す。次いで、検出されたMR信号が制御装置722へ伝送される。制御装置722は、プロセッサ(例えば、拡散スペクトル・イメージング(DSI)モジュール30)を含むことができる。画像を表す処理された信号が、また画像の視覚的表示のために表示装置728へ伝送される。具体的に述べると、MR信号は、視覚可能な画像を得るために本書で述べた様々な方法を用いて再構成されるq空間を満たし又は形成する。次いで、画像を表す処理された信号は、表示装置728へ伝送される。

30

【0071】

本書で述べた様々な実施形態は、本書で述べた方法の実施形態を遂行するようにイメージング装置を動作させるプロセッサ又はコンピュータのための命令を記録した有形の且つ持続性の1つ又は複数の機械読取り可能な媒体を提供する。このような1つ又は複数の媒体は、任意の種類のCD-ROM、DVD、フロッピー(登録商標)ディスク、ハードディスク、光ディスク、フラッシュRAMドライブ、又は他の種類のコンピュータ取り可能な媒体、或いはそれらの組合せであってよい。

40

【0072】

様々な実施形態及び/又はコンポーネント(構成要素)、例えば、モニタ又は表示装置、或いはその中のコンポーネント及び制御装置はまた、1つ以上のコンピュータ又はプロセッサの一部として具現化することができる。コンピュータ又はプロセッサは、計算装置、入力装置、表示ユニット、及び例えばインターネットにアクセスするためのインターフェースを含むことができる。コンピュータ又はプロセッサはマイクロプロセッサを含むことができる。マイクロプロセッサは通信母線に接続することができる。コンピュータ又はプロセッサはまた、メモリを含むことができる。メモリには、ランダム・アクセス・メモリ(RAM)及び読出し専用メモリ(ROM)を含むことができる。コンピュータ又はプロセッサは更に記憶装置を含むことができ、それは、ハードディスク・ドライブ、或いは

50

、フロッピー（登録商標）・ディスク・ドライブ、光ディスク・ドライブなどのような取外し可能な記憶媒体のドライブであってよい。記憶装置はまた、コンピュータ・プログラム又は他の命令をコンピュータ又はプロセッサにロードするための他の同様な手段であってよい。

#### 【 0 0 7 3 】

ここで、上述の説明が例示のためのものであって、制限するためのものではないことを理解されたい。例えば、上述の様々な実施形態（及び／又はその様々な面）は互いに組み合わせる用いることができる。その上、特定の状況又は材料を様々な実施形態の範囲から逸脱せずに様々な実施形態の教示に適応させるように多くの修正を為すことができる。本書で述べた材料の寸法及び種類が様々な実施形態のパラメータを規定することを意図しているが、それらは制限ではなく、単に模範的なものに過ぎない。上記の説明を検討すると、当業者には多くの他の実施形態が明らかであろう。従って、様々な実施形態の範囲は、特許請求の範囲の記載と共に、該記載と等価な全ての範囲を参照して決定すべきである。特許請求の範囲の記載では、「含む」及び「その場合において」と云う用語は「有する」及び「ここで」と云う用語とそれぞれ等価なものとして用いられている。更に、特許請求の範囲の記載において、「第 1」、「第 2」、「第 3」などの用語は単にラベルとして用いられていて、それらの対象について数に関する要件を課しているものではない。更に、特許請求の範囲が「手段＋機能」形式で記載されていず、また特許請求の範囲が、構造についての記載のない機能の記述の後に用語「手段」を記載したものでないなら、米国特許法 35 U. S. C. 112、第 6 項に基づいて解釈されるべきではない。

#### 【 0 0 7 4 】

本明細書は、最良の実施形態を含めて、様々な実施形態を開示するために、また当業者が任意の装置又はシステムを作成し使用し、任意の採用した方法を遂行することを含めて、様々な実施形態を実施するために、幾つかの例を使用した。様々な実施形態の特許可能な範囲は「特許請求の範囲」の記載に定めており、また当業者に考えられる他の例を含み得る。このような他の例は、それらが特許請求の範囲の文字通りの記載から実質的に差異のない構造的要素を持つ場合、或いはそれらが「特許請求の範囲」の文字通りの記載から実質的に差異のない等価な構造的要素を含む場合、特許請求の範囲内にあるものとする。

#### 【 符号の説明 】

#### 【 0 0 7 5 】

- 1 0 イメージング・システム
- 1 2 被検体
- 1 4 三次元（ 3 D ）画像データセット
- 2 0 コンピュータ
- 2 2 3 D 画像
- 3 0 3 D 画像ナビゲーション・モジュール
- 3 2 セグメンテーション・モジュール
- 3 4 オブジェクト抽出モジュール
- 1 0 0 3 D 画像をナビゲートするための方法
- 2 0 0 3 D 画像
- 2 0 2 脳
- 2 0 4 二次元（ 2 D ）画像
- 2 1 0 領域
- 2 1 2 領域
- 2 1 4 3 D メッシュ
- 2 2 0 頂点又はメッシュ点
- 2 2 2 点
- 2 2 4 点
- 2 3 0 点（カーソル）
- 2 4 0 メッシュ点

2 4 2	引張り点	
2 4 4	更新方向	
2 5 0	修正された 3 D 画像	
2 5 2	2 D 画像	
3 0 0	3 D 画像をセグメント化する方法	
3 5 0	最初の 3 D 表面メッシュ	
3 5 2	メッシュ表面	
3 5 6	修正された局部表面領域	
3 5 8	最終のメッシュ	
3 6 0	矢状方向画像	10
3 6 2	軸方向画像	
3 6 4	冠状方向画像	
3 8 0	最初のメッシュを示している画像	
3 8 2	最終のメッシュを示している画像	
3 9 2	更新領域	
4 0 0	3 D 表面メッシュを編集する方法	
5 0 0	3 D 画像を抽出する方法	
5 5 0	三角形	
5 5 2	所望のメッシュ	
5 5 4	投影面	20
5 5 6	投影された三角形	
5 6 0	X 軸	
5 6 2	Y 軸	
5 6 4	Z 軸	
5 7 0	三角形 5 5 0 の第 1 の点	
5 7 2	三角形 5 5 0 の第 2 の点	
5 7 4	三角形 5 5 0 の第 3 の点	
5 8 0	三角形 5 5 6 の第 1 の点	
5 8 2	三角形 5 5 6 の第 2 の点	
5 8 4	三角形 5 5 6 の第 3 の点	30
5 9 6	線	
6 0 0	格子点	
6 0 2	第 3 の点	
6 1 0	メッシュ表面上の頂点	
6 1 2	補間された点	
6 1 4	完全な包囲表面メッシュ	
6 2 0	冠状方向ビュー	
6 2 2	2 D スライス	
7 0 0	超電導磁石	
7 0 2	容器	40
7 0 4	断熱材	
7 0 6	磁気勾配コイル	
7 0 8	R F 送信コイル	
7 1 0	ガントリ	
7 1 2	撮像部分	
7 2 0	処理部分	
7 4 0	開口部	

【図 1】

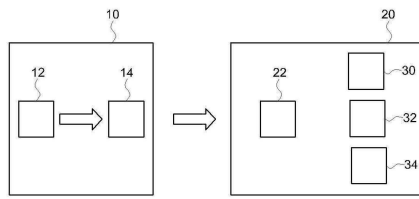


FIG. 1

【図 2】

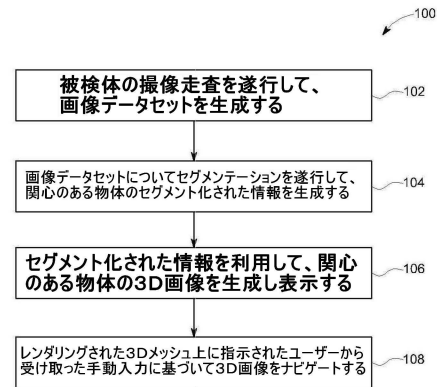


FIG. 2

【図 3】

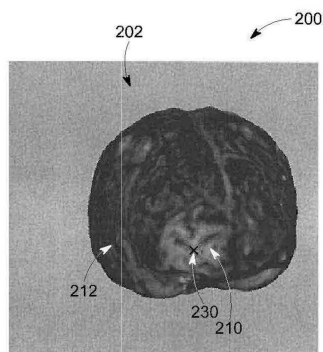


FIG. 3

【図 4】

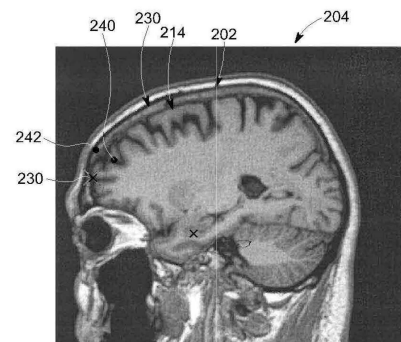


FIG. 4

【図 5】

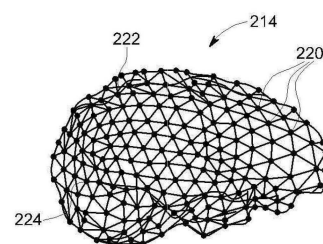


FIG. 5

【図 6】

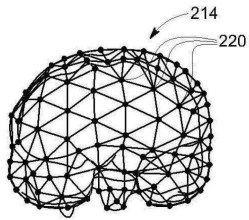


FIG. 6

【図 7】

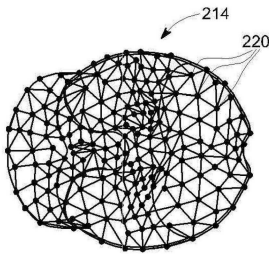


FIG. 7

【図 9】

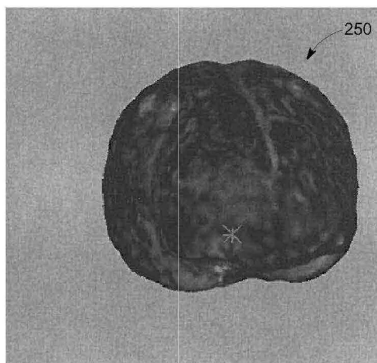


FIG. 9

【図 8】

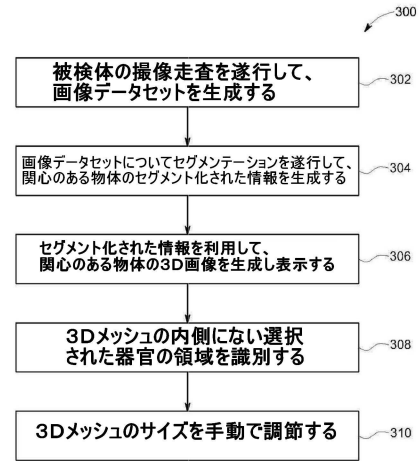


FIG. 8

【図 10】

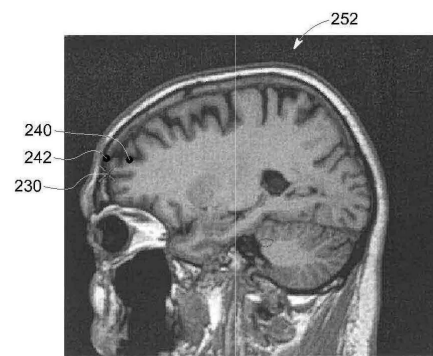


FIG. 10

【図 1 1】

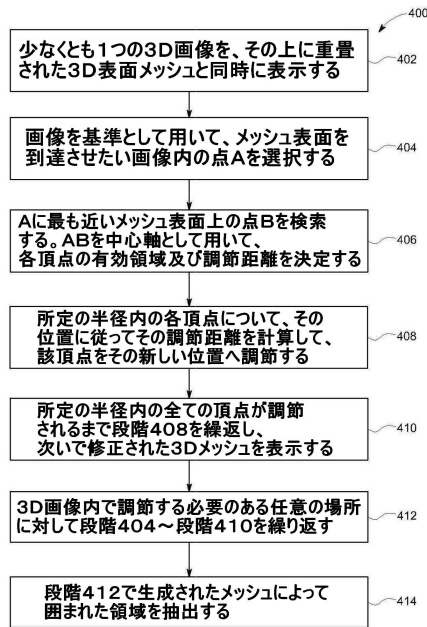


FIG. 11

【図 1 2】

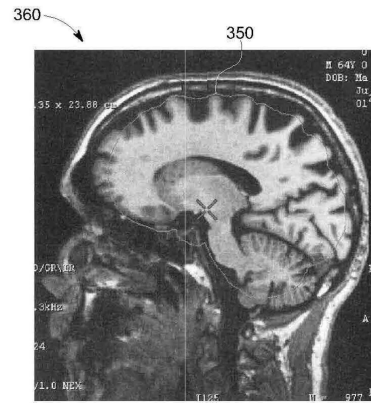


FIG. 12

【図 1 3】

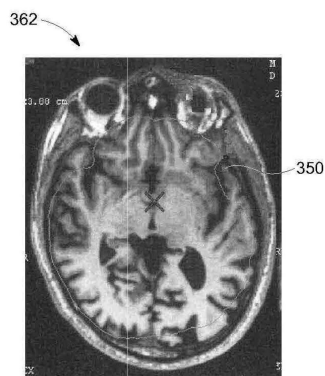


FIG. 13

【図 1 4】

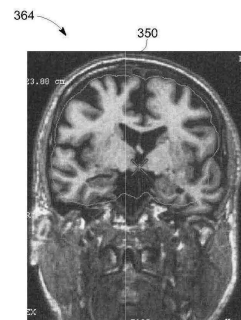


FIG. 14

【図 1 5】

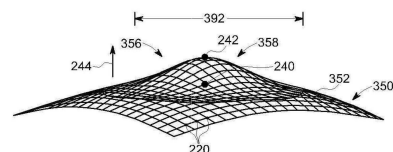


FIG. 15



【図 2 1】



FIG. 21

【図 2 2】

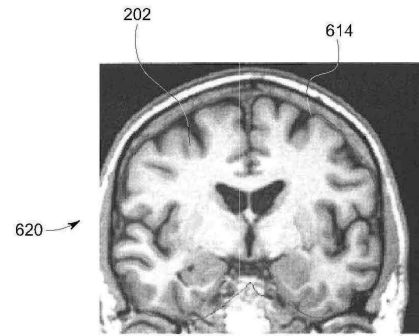


FIG. 22

【図 2 3】

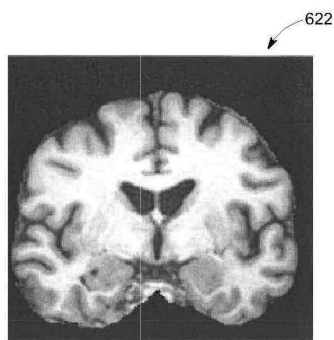


FIG. 23

【図 2 4】

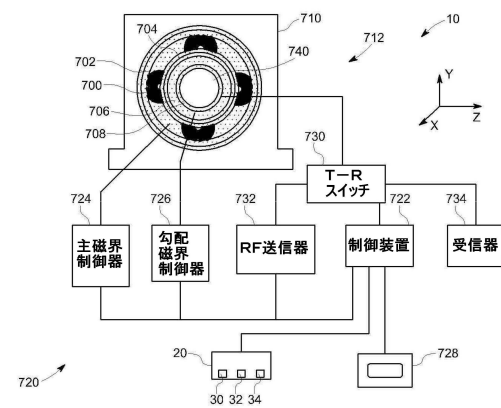


FIG. 24



---

フロントページの続き

- (72)発明者 ツォンミン・リン  
アメリカ合衆国、ウィスコンシン州、ワウケシャ、ノース・グランドビュー・ブルヴァード、  
3 2 0 0 番
- (72)発明者 ゴパール・アヴィナッシュ  
アメリカ合衆国、ウィスコンシン州、メノモニーフォールズ、ノース・グランドビュー・ブルヴァード、3 2 0 0 番
- (72)発明者 パトリック・マイケル・ヴァーチャー  
アメリカ合衆国、カリフォルニア州、アルバニー、アパーメント・1 0 4、キンクヘッド・ウェイ、  
8 6 5 番

審査官 右 高 孝幸

(56)参考文献 特表2 0 0 9 - 5 4 4 1 0 1 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)  
A 6 1 B 5 / 0 5 5