(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)特許出願公表番号
特表2020-531182
(P2020-531182A)
(43)公表日　令和2年11月5日(2020.11.5)

(51)Int.Cl.			F I			テーマコード（参考）
A61B	6/03	(2006.01)	A61B	6/03	360D	4C093
G06T	7/00	(2017.01)	A61B	6/03	360G	5L096
			A61B	6/03	360Q	
			G06T	7/00	612	

審査請求 未請求　予備審査請求 未請求　（全 25 頁）

(21)出願番号　特願2020-511802 (P2020-511802)
(86)(22)出願日　平成30年8月31日 (2018.8.31)
(85)翻訳文提出日　令和2年3月12日 (2020.3.12)
(86)国際出願番号　PCT/EP2018/073547
(87)国際公開番号　WO2019/043203
(87)国際公開日　平成31年3月7日 (2019.3.7)
(31)優先権主張番号　17188683.1
(32)優先日　平成29年8月31日 (2017.8.31)
(33)優先権主張国・地域又は機関
欧州特許庁 (EP)

(71)出願人　590000248
コーニンクレッカ　フィリップス　エヌヴェ
ＫＯＮＩＮＫＬＩＪＫＥ　ＰＨＩＬＩＰＳ　Ｎ．Ｖ．
オランダ国　５６５６　アーヘー　アインドーフェン　ハイテック　キャンパス　５２
(74)代理人　110001690
特許業務法人Ｍ＆Ｓパートナーズ
(72)発明者　バージャー　クリスチャン
オランダ国　５６５６　アーエー　アインドーフェン　ハイ　テック　キャンパス　５

最終頁に続く

(54)【発明の名称】扁平な解剖学的構造を評定するための画像処理

(57)【要約】
本発明は、３Ｄ診断画像を受け取るためのデータ入力部１１と、３Ｄ診断画像内で、胸腔、骨盤腔、腹腔骨盤腔、又は胸腔と腹腔骨盤腔との組み合わせをセグメント化し、その境界表面を決定するためのセグメント化ユニット１２と、を備えた画像処理装置１０に関する。装置はまた、３Ｄ診断画像内の境界表面の局所近傍からの画像情報を境界表面上に投影することによって境界表面の表面テクスチャを決定するための表面テクスチャプロセッサ１３を備える。装置は、境界表面上に表面テクスチャを適用して視覚化することにより、体腔に隣接した、１つ又は複数の肋骨、胸骨、１つ又は複数の椎骨、及び／又は骨盤複合体を含む少なくとも１つの扁平な解剖学的構造の視覚的表現を出力するための出力部１４を備える。

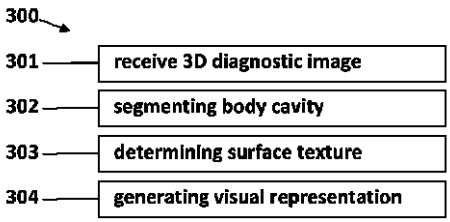


FIG 3

【特許請求の範囲】
【請求項１】
３次元診断画像を表すデータを受け取るためのデータ入力部と、
前記３次元診断画像内で体腔の少なくとも一部をセグメント化し、前記体腔の境界表面の少なくとも一部を決定するためのセグメント化ユニットであって、前記体腔は、胸腔、骨盤腔、腹腔骨盤腔、又は胸腔と腹腔骨盤腔との組み合わせである、セグメント化ユニットと、
前記３次元診断画像内の前記境界表面の局所近傍からの画像情報を前記境界表面上に投影することによって前記境界表面の表面テクスチャを決定するための表面テクスチャプロセッサと、
前記境界表面上に前記表面テクスチャを適用して視覚化することにより、前記体腔に隣接した少なくとも１つの扁平な解剖学的構造の視覚的表現を出力するための出力部であって、前記少なくとも１つの扁平な解剖学的構造は、１つ若しくは複数の肋骨、胸骨、１つ若しくは複数の椎骨、及び／又は骨盤複合体を含む、出力部と、
を備える、画像処理装置。
【請求項２】
前記表面テクスチャプロセッサは、前記境界表面の境界表面要素ごとに、その境界表面要素の場所において前記境界表面に直角な方向に延在する局所近傍からボクセル値を収集する、請求項１に記載の画像処理装置。
【請求項３】
前記局所近傍は前記境界表面要素の外部側に隣接しているか、又は前記局所近傍は前記境界表面要素のどちらかの側に延在している、請求項２に記載の画像処理装置。
【請求項４】
前記局所近傍は、前記境界表面に対して、所定の範囲又は動的に学習される範囲の距離に対応する、請求項２又は請求項３に記載の画像処理装置。
【請求項５】
前記表面テクスチャプロセッサは、境界表面要素ごとに、収集された前記ボクセル値を少なくとも１つの値に集計し、それにより、複数の前記境界表面要素にわたって定義された複数の前記値が、前記表面テクスチャを形成し、前記表面テクスチャプロセッサは、収集された前記ボクセル値の最大値を計算することにより、前記ボクセル値を前記少なくとも１つの値に集計する、請求項２から４のいずれか一項に記載の画像処理装置。
【請求項６】
前記データ入力部は、コンピュータ断層撮影又は磁気共鳴撮像を使用して人体の撮像領域を撮像することによって取得された、ボクセルに編成されたボリューメトリック画像データを表す前記データを受け取る、請求項１から５のいずれか一項に記載の画像処理装置。
【請求項７】
前記セグメント化ユニットは、前記体腔のボリューム及び／又は境界表面のモデルを、前記データにフィットすることにより、モデルに基づくボリューメトリック画像セグメント化方法を適用する、請求項１から６のいずれか一項に記載の画像処理装置。
【請求項８】
前記出力部は、前記境界表面に対応する３次元モデルの静的又は動的な投影ビューを含む前記視覚的表現を出力する、請求項１から７のいずれか一項に記載の画像処理装置。
【請求項９】
ユーザが前記視覚的表現を動的に操作することを可能にするためのユーザインターフェースを備える、請求項１から８のいずれか一項に記載の画像処理装置。
【請求項１０】
前記視覚的表現は、同時に視覚化される２つの部分に切断された前記境界表面を含む、請求項１から９のいずれか一項に記載の画像処理装置。
【請求項１１】

前記視覚的表現は、前記境界表面の平面表現を含む、請求項１から１０のいずれか一項に記載の画像処理装置。
【請求項１２】
前記視覚的表現上で関心対象の扁平骨及び／又は他の解剖学的特徴にラベル付けするためのラベル付けユニットを備える、請求項１から１１のいずれか一項に記載の画像処理装置。
【請求項１３】
前記表面テクスチャ及び前記境界表面を非剛体的に変形させることにより、前記少なくとも１つの扁平な解剖学的構造の前記視覚的表現を変形させるための非剛体変形ユニットを備える、請求項１から１２のいずれか一項に記載の画像処理装置。
【請求項１４】
前記少なくとも１つの扁平な解剖学的構造は、１つ又は複数の肋骨を含み、前記非剛体変形ユニットは、前記表面テクスチャ及び前記境界表面を非剛体的に変形させることと、まっすぐに伸ばすこととにより、前記１つ又は複数の肋骨の視覚的表現をまっすぐに伸ばされた形で提供する、請求項１から１３のいずれか一項に記載の画像処理装置。
【請求項１５】
請求項１から１４のいずれか一項に記載の画像処理装置を備えた、ワークステーション。
【請求項１６】
体腔に隣接した少なくとも１つの扁平な解剖学的構造を視覚化する方法であって、前記方法は、
３次元診断画像を表すデータを受け取るステップと、
前記３次元診断画像内で前記体腔の少なくとも一部をセグメント化し、前記体腔の境界表面の少なくとも一部を決定するステップと、
前記３次元診断画像内の前記境界表面の局所近傍からの画像情報を前記境界表面上に投影することによって前記境界表面の表面テクスチャを決定するステップと、
前記境界表面上に前記表面テクスチャを適用して視覚化することにより、前記体腔に隣接した前記少なくとも１つの扁平な解剖学的構造の視覚的表現を生成するステップと、を有し、
前記体腔は、胸腔、骨盤腔、腹腔骨盤腔、又は胸腔と腹腔骨盤腔との組み合わせであり、
前記少なくとも１つの扁平な解剖学的構造は、１つ若しくは複数の肋骨、胸骨、１つ若しくは複数の椎骨、及び／又は骨盤複合体を含む、方法。
【請求項１７】
コンピューティングシステムのプロセッサによって実行されたときに、前記コンピューティングシステムに請求項１６の方法を行わせる１つ又は複数のコンピュータ実行可能命令が符号化された、コンピュータ可読記憶媒体。

【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、診断断層撮影画像処理の分野に関する。より具体的には、本発明は、画像処理装置、ワークステーション、体腔に隣接した少なくとも１つの扁平骨を視覚化する方法、及びコンピュータ可読記憶媒体に関する。
【背景技術】
【０００２】
体腔の周りで湾曲している扁平な解剖学的構造、例えば、胸郭など、体腔を取り囲む扁平骨を、例えばコンピュータ断層撮影（ＣＴ）などで診断断層撮影画像に基づいて調査することは、非常に時間を要し得る。胸郭の詳細な調査が、例えば骨折の分析及び／又は骨

転移の検出若しくは継続管理のために必要とされることがある。しかし、胸郭分析において関心対象の疾患又は特徴の外見は非常に微細であり得、例えば微細な骨折や小さい転移を伴うことがある。さらに、１２対の左右の肋骨からなる２４個の個々の物体を個々に調べる必要がある場合もある。肋骨は湾曲した細長い構造であり、そのため、例えば軸方向カットした平面スライスで各肋骨を調査することは、それ自体時間を要し得、例えば、肋骨を効率的にたどることは、一般に使用される軸方向ビューで断層撮影データセットを調査することによってでは難しい可能性がある。

【０００３】

例えば救急外来（ＥＤ）で適用されるような骨折の評定では、例えば特に３つ未満の肋骨骨折と３つ以上の肋骨骨折とを区別すべき場合に、肋骨骨折の数が外傷重症度スコアに影響することがある。さらに、骨折した肋骨の場合、胸膜と肺の統合性も評価する必要がある。

【０００４】

また、肋骨は、例えば、関心対象の特徴の手動調査を誘導するため、又は自動化されたセグメント化若しくは評価を支援するために、体内の関心対象となる他の特徴を見つけるための重要な基準骨組みも構成する。例えば、ＵＳ２０１５／０２４３０２６は、断層撮影画像セット内での胸郭の自動化されたセグメント化を開示ししている。さらに、肺葉をセグメント化し、機能画像データ内で肺葉を特定するために、１つ又は複数の肋骨を肺葉の境界の場所にマッピングするマッピングが使用される。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

湾曲平面再構成（ＣＰＲ）又はフィレット（fillet）ビューを使用することによって肋骨構造を表現することが当技術分野で知られており、ここでは湾曲した構造が平坦化されたビューによって視覚化される。そのようなフィレットビューは、肋骨の迅速な評定を支援するが、前処理ステップで、個々の肋骨のセグメント化を必要とする。しかし、そのようなセグメント化は、例えば複雑な及び／又は広範囲にわたる骨折が関与する場合には、それ自体困難であり得、自動化されたセグメント化が失敗した場合には予期せぬ結果を生じ得る。さらに、フィレットビューは、非直観的に歪められたビューを提供し、場合によってはアーチファクトを生じさせることすらある。

【０００６】

本発明の実施形態の目的は、体腔の周りで湾曲している扁平な解剖学的構造、例えば、胸郭を形成する肋骨などの、体腔を取り囲む扁平骨を直観的に視覚化し、分析するために、診断断層撮影画像データ、例えば３次元ボリューメトリック画像を処理するための良好で効率的な手段及び方法を提供することである。

【０００７】

以下での「扁平な」解剖学的構造への言及は、主面又は主要面、例えば湾曲した主面を有する人間（又は動物）の身体の構造を指し、主面の表面積の平方根は、その面に対して直角の方向における構造の厚さよりも著しく大きい（例えば、少なくとも５倍の大きさ、例えば少なくとも１０倍の大きさ、又はさらには少なくとも２０倍の大きさ）。「扁平な」解剖学的構造が扁平骨である場合、これは特に扁平骨の解剖学的定義を指す。

【課題を解決するための手段】

【０００８】

上記の目的は、本発明に係る方法及び装置によって達成される。

【０００９】

本発明の実施形態の利点は、体腔を取り囲む扁平な解剖学的構造、例えば胸郭などの扁平骨の評定が、例えばコンピュータ断層撮影（ＣＴ）又は磁気共鳴撮像（ＭＲＩ）３次元画像などの断層撮影画像セットに基づいて効率的に行われ得ることである。

【００１０】

本発明の実施形態の利点は、扁平な解剖学的構造の評定に関連性のある断層撮影画像セ

ット中の情報だけが示されることである。
【００１１】
本発明の実施形態の利点は、個々の扁平骨などの個々の扁平な解剖学的構造のセグメント化が必要とされないことである。本発明の実施形態は、したがって、そのようなセグメント化を必要とする従来技術の代替法よりも有利にロバスト及び／又は計算的に効率的である。例えば、１つ若しくは複数の扁平骨、又はそのような腔を取り囲んで支持する他の扁平な解剖学的構造に比べて、体腔の形状及びその境界の形状が、大幅に規則的になり、３次元画像の中で容易にセグメント化でき、例えば、胸腔を支持する個々の肋骨に比べて、ＣＴスキャンなどの３Ｄ画像内で胸腔を検出し、セグメント化することが大幅に容易になる。これは、複雑な骨折や解剖学的偏差の場合にさらにそうである。
【００１２】
本発明の実施形態の利点は、扁平骨、例えば肋骨、又は他の扁平な解剖学的構造が、視覚化される際に大幅に歪められないことであり、例えば、軸方向及び／又は方位方向の特徴が歪められないか、又はごく軽くのみ歪められる。実施形態のさらなる利点は、胸郭、骨盤複合体、又は体腔を取り囲む同様の扁平な解剖学的構造、例えば、筋肉組織、膜組織、骨構造及び／又は結合組織を含む体腔壁が、直観的に解釈できる単一の平面画像に視覚化され得ることである。
【００１３】
本発明の実施形態の利点は、例えば、本発明の実施形態に従って生成された視覚的表現上で位置を選択することによって対応する画像スライスを表示するために、単一の平面的な画像視覚化内の座標と、断層撮影画像セット内の座標との間の対応関係が、容易に確立及び参照され得ることである。
【００１４】
本発明の実施形態のさらなる利点は、関心対象の特徴をラベル付けすることによって視覚的表現を容易に強化できることである。
【００１５】
第１の態様において、本発明は、３次元診断画像を表すデータを受け取るための（例えば受け取るように構成された）データ入力部と、３次元診断画像内で体腔の少なくとも一部をセグメント化し（例えばセグメント化するように構成及び／又はプログラムされ）、体腔の境界表面の少なくとも一部を決定するための（例えば決定するように構成及び／又はプログラムされた）セグメント化ユニットと、を備える画像処理装置に関する。装置はまた、３次元診断画像内の境界表面の局所近傍からの画像情報を境界表面上に投影することによって境界表面の表面テクスチャを決定するための（例えば決定するように構成及び／又はプログラムされた）表面テクスチャプロセッサを備える。装置はさらに、境界表面上に表面テクスチャを適用して視覚化することにより、体腔に隣接した少なくとも１つの扁平な解剖学的構造、例えば体腔に隣接した少なくとも１つの扁平骨の視覚的表現を出力するための出力部を備える。体腔は、胸腔、骨盤腔、腹腔骨盤腔、又は胸腔と腹腔骨盤腔との組み合わせである。少なくとも１つの扁平な解剖学的構造は、少なくとも１つの扁平骨を含み、例えば、少なくとも１つの扁平な解剖学的構造は、１つ若しくは複数の肋骨、胸骨、１つ若しくは複数の椎骨、及び／又は骨盤複合体を含む。
【００１６】
本発明の実施形態に係る画像処理装置において、表面テクスチャプロセッサは、境界表面の境界表面要素ごとに、その境界表面要素の場所において境界表面に直角な方向に延在する局所近傍（データ内、例えば３Ｄ診断画像内の）からボクセル値を収集するように適合されてよい。
【００１７】
本発明の実施形態に係る画像処理装置において、局所近傍は、境界表面要素の外部側に隣接していても、又は境界表面要素のどちらかの側に延在していてもよい。例えば、境界表面のどちらかの側に延在するような局所近傍を定義することの利点は、セグメント化中に境界表面を検出する際の不正確さが、体腔に隣接した扁平な解剖学的構造の視覚化を構

築する際に、限られた、さらには無視できる程度の影響のみを及ぼすことである。
【００１８】
本発明の実施形態に係る画像処理装置において、局所近傍は、境界表面に対して、所定の範囲又は動的に学習される範囲の距離に対応してよい。
【００１９】
本発明の実施形態に係る画像処理装置において、所定の範囲又は動的に学習される範囲は、境界表面要素に対して変動してよい。
【００２０】
本発明の実施形態に係る画像処理装置において、表面テクスチャプロセッサは、境界表面要素ごとに、収集されたボクセル値を少なくとも１つの値に集計するように適合されてよく、それにより、複数の境界表面要素にわたって定義された複数のそれらの値が、表面テクスチャを形成する。
【００２１】
本発明の実施形態に係る画像処理装置において、表面テクスチャプロセッサは、収集されたボクセル値の最大値を計算することにより、ボクセル値を少なくとも１つの値に集計するように適合されてよい。腔壁の局所近傍に適用されるそのような最大強度投影が、腔の近傍にある骨構造を正確に表せることは利点である。
【００２２】
本発明の実施形態に係る画像処理装置において、データ入力部は、コンピュータ断層撮影又は磁気共鳴撮像を使用して人体の撮像領域を撮像することによって取得された、ボクセルに編成されたボリューメトリック画像データを表すデータを受け取るように適合されてよく、ここでは、撮像領域は、体腔と、体腔に隣接した少なくとも１つの扁平な解剖学的構造、例えば少なくとも１つの扁平骨と、を含む。
【００２３】
本発明の実施形態に係る画像処理装置において、セグメント化ユニットは、体腔のボリューム及び／又は境界表面のモデルを、データにフィットすることにより、モデルに基づくボリューメトリック画像セグメント化方法を適用するように適合されてよい。
【００２４】
本発明の実施形態に係る画像処理装置において、モデルは、前記境界表面のワイヤメッシュモデルを含んでよい。
【００２５】
本発明の実施形態に係る画像処理装置において、出力部は、境界表面に対応する３次元モデルの静的又は動的な投影ビューを含む視覚的表現を出力するように適合されてよい。
【００２６】
本発明の実施形態に係る画像処理装置において、出力は、境界表面を適宜色付けすることによって表面テクスチャを適用するように適合されてよい。
【００２７】
本発明の実施形態に係る画像処理装置は、ユーザが視覚的表現を動的に操作することを可能にするためのユーザインターフェースを備えてよい。
【００２８】
本発明の実施形態に係る画像処理装置において、視覚的表現は、体腔に対する、境界表面の外部ビュー又は内部ビューに対応してよい。
【００２９】
本発明の実施形態に係る画像処理装置において、視覚的表現は、同時に視覚化される２つの部分に切断された境界表面を含んでよい。
【００３０】
本発明の実施形態に係る画像処理装置において、視覚的表現は、境界表面の平面表現を含んでよい。
【００３１】
本発明の実施形態に係る画像処理装置において、出力は、境界表面を少なくとも１つの

線に沿って切り開くように、例えば、その線に沿ってメッシュグリッドを切り離して、メッシュグリッドの球形のトポロジー又は円筒形のトポロジー（例えば２つの穴を有する球形トポロジー）を平面トポロジーに変え、境界表面のメッシュを展開及び平坦化して平面構成にするように適合されてよい。

【００３２】

本発明の実施形態に係る画像処理装置はまた、視覚的表現上で関心対象の扁平骨及び／又は他の解剖学的特徴にラベル付けするためのラベル付けユニットを備えてよい。

【００３３】

本発明の実施形態に係る画像処理装置はまた、表面テクスチャ及び前記境界表面を非剛体的に変形させることにより、少なくとも１つの扁平な解剖学的構造の視覚的表現を変形させるように構成された非剛体変形ユニットを備えてよい。

【００３４】

これにより、さらに効率を上げ、特に扁平な解剖学的構造が体腔の周りで湾曲している場合に、扁平な解剖学的構造を直観的に視覚化する。湾曲平面再構成（ＣＰＲ）又はフィレットビューなどの剛体変形が知られているが、これには、非直観的に歪められるビューという問題がある。ＣＰＲは実際、湾曲した扁平な解剖学的構造を平坦化する、換言すると剛体的に変形させる。しかし、使用される投影についての知識がないと、視覚的表現を解釈することが難しい。

【００３５】

少なくとも１つの扁平な解剖学的構造の視覚的表現を非剛体的な形で変形させることにより、より直感的な方式でユーザに視覚的表現を与えることができる。非剛体変形は表面テクスチャ及び前記境界表面を非剛体的に変形させることによって行われるので、非剛体変形の後でも（表面テクスチャの中の）有用な情報が保たれ、解釈のために有用である。

【００３６】

好適には、少なくとも１つの扁平な解剖学的構造は、好ましくは湾曲した（通常の生理学的場合にあたる）、１つ又は複数の肋骨を含む。非剛体変形ユニットは、表面テクスチャ及び前記境界表面を非剛体的に変形させることと、まっすぐに伸ばすこととにより、１つ又は複数の肋骨の視覚的表現をまっすぐに伸ばされた形で提供するように構成される。

【００３７】

まっすぐに伸ばす、又はまっすぐに伸ばされた形でとは、湾曲した物体（ここでは１つ又は複数の湾曲した肋骨）を、それらから湾曲部がなくなるように変形させる、又は曲げることと理解すべきである。さらに換言すると、１つ又は複数の肋骨は、互いに対して平行なまっすぐな肋骨として視覚的に表される。

【００３８】

驚くべきことに、肋骨のまっすぐな表現は、直観的な視覚化を向上させる。複数の又は全肋骨の場合、まっすぐに伸ばされた形で非剛体的に変形させた後の視覚的表現は、結果として、肋骨骨折の容易な解釈を可能にする、正規化されたまっすぐな肋骨のビューを生じる。

【００３９】

第２の態様において、本発明は、上記態様のいずれかに記載の画像処理装置を備えたワークステーション、例えば、コンピュータ断層撮影ワークステーション又は磁気共鳴撮像ワークステーション、にも関する。

【００４０】

第３の態様において、本発明の実施形態は、本発明の第１の態様の実施形態に係る画像処理装置を備えたコンピュータ断層撮影システムにも関する。

【００４１】

第４の態様において、本発明は、体腔に隣接した少なくとも１つの扁平な解剖学的構造を視覚化する方法にも関する。方法は、３次元診断画像を表すデータを受け取るステップと、３次元診断画像内で体腔の少なくとも一部をセグメント化し、体腔の境界表面の少なくとも一部を決定するステップと、３次元診断画像内の境界表面の局所近傍からの画像情

報を境界表面上に投影することによって境界表面の表面テクスチャを決定するステップと、境界表面上に表面テクスチャを適用して視覚化することにより、体腔に隣接した少なくとも１つの扁平な解剖学的構造の視覚的表現を生成するステップと、を有する。

【００４２】

第５の態様において、本発明は、コンピューティングシステムのプロセッサによって実行されたときに、コンピューティングシステムに本発明の第４の態様の実施形態に係る方法を行わせる１つ又は複数のコンピュータ実行可能命令が符号化された、コンピュータ可読記憶媒体にも関する。

【００４３】

第６の態様において、本発明は、処理ユニット上で実施された場合に、本発明の第４の態様の実施形態に係る方法を行うためのコンピュータプログラム製品にも関する。

【００４４】

第７の態様において、本発明は、本発明の第６の態様の実施形態に係るコンピュータプログラム製品のネットワークを通じた送信にも関する。

【００４５】

第８の態様において、本発明は、本発明の第４の態様の実施形態に係る方法によって取得された、例えば生成された表現に対応する、画像データにも関する。

【００４６】

本発明の詳細な態様及び好ましい態様は、添付の独立請求項及び従属請求項に述べられる。従属請求項にある特徴は、独立請求項の特徴及び他の従属請求項の特徴と適宜組み合わされてよく、特許請求の範囲に明示的に記載されているものばかりではない。

【００４７】

本発明のこれら及び他の態様は、本明細書で以降記載される実施形態から明らかになり、それを参照して説明される。

【図面の簡単な説明】

【００４８】

【図１】本発明の実施形態に係る例示的画像処理装置を例示する図である。

【図２】本発明の実施形態に係るシステム及びワークステーションを示す図である。

【図３】本発明の実施形態に係る方法を例示する図である。

【図４】本発明の実施形態に係るセグメント化を例示する図である。

【図５】本発明の実施形態に係る境界表面を例示する図である。

【図６】本発明の実施形態を例示するための、胸腔を取り囲む及び／又は支持する骨構造の第１の例示的視覚的表現を示す図である。

【図７】本発明の実施形態を例示するための、胸腔を取り囲む及び／又は支持する骨構造の第２の例示的な平面的視覚的表現を示す図である。

【図８】本発明の実施形態を例示するための、胸腔を取り囲む及び／又は支持する骨構造の第２の例示的な平面的視覚的表現を示す図である。

【図９】本発明の実施形態を例示するための、胸腔を取り囲む及び／又は支持する骨構造の第２の例示的な平面的視覚的表現を示す図である。

【図１０】本発明の実施形態を例示するための、胸腔を取り囲む及び／又は支持する骨構造の第２の例示的な平面的視覚的表現を示す図である。

【図１１】本発明のさらなる実施形態に係る例示的画像処理装置を例示する図である。

【図１２】本発明のさらなる実施形態に係る方法を例示する図である。

【図１３】本発明の実施形態を例示するための、非剛体的な肋骨変形のための肋骨境界の検出の図示を示す図である。

【図１４】本発明の実施形態を例示するための、非剛体的な肋骨変形のための肋骨境界の検出の図示を示す図である。

【図１５】本発明の実施形態を例示するための、非剛体的に変形された肋骨の第３の例示的な平面的視覚的表現を示す図である。

【図１６】本発明の実施形態を例示するための、非剛体的に変形された肋骨の第３の例示

的な平面的視覚的表現を示す図である。
【発明を実施するための形態】
【００４９】
図面は概略的なものに過ぎず、非制限的である。図面では、説明のために要素の一部のサイズが強調され、実際の縮尺で描かれないことがある。
【００５０】
特許請求の範囲内に参照符号がある場合、範囲を制限するものとは解釈すべきでない。
【００５１】
異なる図面で、同じ参照符号は同じ又は類似の要素を指す。
【００５２】
本発明は、特定の実施形態に関して、特定の図面を参照して説明されるが、本発明はそれらに制限されず、特許請求の範囲によってのみ制限される。説明される図面は、概略的なものに過ぎず、非制限的である。図面では、説明のために要素の一部のサイズが強調され、実際の縮尺で描かれないことがある。寸法及び相対的寸法は、本発明を実施に合わせた実際の縮小に対応しない。
【００５３】
さらに、説明及び請求項における第１、第２等の用語は、同様の要素を区別するために使用され、必ずしも、時間的、空間的、順位付け、又は任意の他の形での順序を説明するためではない。そのように使用される用語は、該当する状況下においては交換可能であり、また本明細書に記載される本発明の実施形態は、本明細書に記載又は例示されるもの以外の順序での動作が可能であることが理解されるべきである。
【００５４】
さらに、説明及び請求項における上、下等の用語は、説明の目的で使用され、必ずしも相対的位置を説明するためではない。そのように使用される用語は、該当する状況下においては交換可能であり、また本明細書に記載される本発明の実施形態は、本明細書に記載又は例示されるもの以外の向きでの動作が可能であることが理解されるべきである。
【００５５】
請求項で使用される用語「有する、含む、備える」は、その後に列挙される手段に制約されると解釈されるべきでなく、他の要素又はステップを排除しないことに留意されたい。よって、言及されている、述べられる特徴、整数、ステップ、又は構成要素が存在することを明示すると解釈されるべきであるが、１つ又は複数の他の特徴、整数、ステップ、若しくは構成要素、又はそれらの群の存在又は追加を除外することはない。よって、「手段Ａ及びＢを備える装置」という表現の範囲は、構成要素Ａ及びＢのみからなる装置に限定されるべきではない。本発明に関しては、装置の関連する構成要素がＡとＢだけであることを意味する。
【００５６】
本明細書を通じての「１つの実施形態」又は「一実施形態」への言及は、その実施との関連で説明される特定の特徴、構造、又は特性が、本発明の少なくとも１つの実施形態に含まれることを意味する。よって、本明細書を通じて様々な箇所での「１つの実施形態において」又は「一実施形態において」という表現の出現は、必ずしもすべてが同じ実施形態を指すとは限らない。さらに、特定の特徴、構造、又は特性は、本開示から当業者には明らかになるように、１つ又は複数の実施形態において任意の適切な形で組み合わせられてよい。
【００５７】
同様に、例示的な本発明の実施形態の説明において、本開示を効率化し、様々な発明態様の１つ又は複数の理解を助ける目的で、本発明の様々な特徴が、単一の実施形態、図、又はその説明の中で一緒にグループ化されることがあることが認識されるべきである。ただし、この開示方法は、特許請求される本発明が、各請求項に明示的に記載されるよりも多くの特徴を必要とするという意図を反映したものとは解釈すべきでない。むしろ、下記の特許請求の範囲が反映するように、発明態様は、単一の前述された開示される実施形態

のすべての特徴よりも少ない特徴に存在する。よって、詳細な説明に続く特許請求の範囲は、これによりこの詳細な説明に明示的に取り込まれ、各請求項は、この発明の別々の実施形態としてそれ自体で存在する。

【００５８】

さらに、本明細書に記載されるいくつかの実施形態は、他の実施形態に含まれる他の特徴を除くいくつかの特徴を含むが、当業者には理解されるように、異なる実施形態の特徴の組み合わせが本発明の範囲内にあり、異なる実施形態を形成することが意図される。例えば、下記の特許請求の範囲では、特許請求される実施形態のいずれもがいずれかの組み合わせで使用され得る。

【００５９】

本明細書に提供される説明では、多数の具体的な詳細が述べられる。ただし、本発明の実施形態はそれらの具体的な詳細なしで実施され得ることが理解される。他の例では、本説明の理解をあいまいにしないために、よく知られる方法、構造、及び技術は詳細には示されていない。

【００６０】

第１の態様において、本発明の実施形態は、画像処理装置に関し、画像処理装置は、３次元診断画像を表すデータ、例えば、ＣＴ、ＭＲＩ、核イメージング、又は他の断層撮影診断及び／又は医療撮像モダリティによって取得されるものなどの、ボクセルに編成された例えばボリューメトリック画像データを受け取るためのデータ入力部を備える。

【００６１】

画像処理装置はさらに、３次元診断画像内で体腔の少なくとも一部をセグメント化し、体腔の境界表面の少なくとも一部を決定するためのセグメント化ユニットを備える。

【００６２】

画像処理装置はまた、３Ｄ診断画像内の境界表面の局所近傍からの画像情報を境界表面上に投影することによって境界表面の表面テクスチャを決定するための表面テクスチャプロセッサを備える。画像処理装置はさらに、境界表面上に表面テクスチャを適用して視覚化することにより、体腔に隣接した、少なくとも１つの扁平骨などの少なくとも１つの扁平な解剖学的構造の視覚的表現を出力するための出力部を備える。

【００６３】

図１は、本発明の実施形態に係る例示的な画像処理装置１０を例示する。画像処理装置は、本明細書の下記に記載される機能性を提供するようにプログラムされたコンピュータなどの、コンピューティングデバイスを含む。コンピューティングデバイスは、意図される機能性を提供するように構成された構成可能なハードウェア装置、例えばフィールドプログラマブルゲートアレイを含むか、又は意図される機能性を提供するように特別に設計された特定用途専用回路を含む。コンピューティングデバイスは、設計されたハードウェア、構成されるハードウェア及び／又は汎用ハードウェア上で実行するためのソフトウェアの任意の組み合わせを含む。

【００６４】

よって、データ入力部、セグメント化ユニット、表面テクスチャプロセッサ及び／又は出力部などの、本発明の実施形態に係る画像処理装置１０の構成要素は、必ずしも、例えば物理的に分離可能な構成要素など、そのような装置の物理的に別個のエンティティには対応せず、汎用コンピュータ上で実行するためのコンピュータコードとして実施されたソフトウェア構築物、及び／又はソフトウェア要素とハードウェア要素の両方を備えた混合型構築物を指し得る。

【００６５】

画像処理装置１０は、コンピュータ断層撮影（ＣＴ）、磁気共鳴撮像（ＭＲＩ）、核イメージング、又は他の断層撮影診断及び／又は医療撮像モダリティによって取得されたものなどの、３次元（３Ｄ）診断画像を表すデータ、例えばボクセルに編成されたボリューメトリック画像データ、を受け取るためのデータ入力部１１を備える。例えば、データは、従来のＣＴシステム、コーンビームＣＴシステム、デュアル・エナジー若しくはスペク

トルＣＴシステム、ＭＲＩスキャナ、ＰＥＴ若しくはＳＰＥＣＴスキャナ、断層撮影超音波イメージャ、又は画像誘導放射線療法システムの断層撮影イメージャから取得されたものなどの、ボクセルに編成された画像データを表す。

【００６６】

特に、データ入力部は、診断スキャナ、例えばＣＴ又はＭＲＩスキャナ、又はそのような診断スキャナ、例えばＣＴ若しくはＭＲＩスキャナなどによって提供される画像を再構築するための再構築器などの外部ソースからデータを受け取るための、コンピュータネットワークインターフェース、ワイヤレス送信インターフェース又はデジタルデータバスインターフェースなどの、デジタル通信回路を備える。データ入力部は、共有ハードウェアプラットフォームに実施された別のソフトウェアコンポーネントから、例えば、ＣＴ画像データを再構築するソフトウェアコンポーネントなど、同じコンピュータ上で実施される別のソフトウェアコンポーネントから、データを受け取るための仮想インターフェースを備える。そのような仮想インターフェースは、例えば、アプリケーションプログラミングインターフェース、共有メモリリソース、又はファイルシステム規格を使用してデータキャリアに記憶されたファイルを備える。データ入力部は、光ディスクリーダ、ユニバーサルシリアルバス（ＵＳＢ）データ記憶媒体にアクセスするためのＵＳＢ接続、磁気ディスクリーダ、又は携帯型フラッシュ・ドライブ・リーダなどの、データキャリアにアクセスするためのインターフェースを備える。データ入力部は、上述した手段、及び／又はデジタルボリューメトリック画像データを受け取るのに適する当技術分野で知られる他の装置との任意の組み合わせを備える。

【００６７】

データはボクセルに編成され、ボクセルは例えば、スキャンされた物体、例えば、スキャンされた対象者、例えば人間の対象者の身体などの中の、対応するボクセルの場所にリンクされた複数のデータ値を備える。データは、よって、例えば、３次元座標系に対するスキャンされた物体内の各異なる位置を表す、ボクセルに編成された再構築された画像データを備える。各ボクセルは、そのボクセルに関連付けられた値、例えば、そのボクセルに対応する位置におけるスキャンされた物体の減衰特性を示す、例えば放射線濃度、例えば相対放射線濃度を示す、例えばハウンスフィールド単位で表された値などのグレースケール値、を有する。各ボクセルは、磁気共鳴緩和特性又は弾性特性に関連するものなど、そのボクセルに対応する位置におけるスキャンされた物体の別の物理的特性を示す、当該ボクセルに関連付けられた値を有する。画像データは、当技術分野で知られる診断スキャン技術を使用して、獲得され、例えば事前に記録される。

【００６８】

画像処理装置はさらに、３次元診断画像内で体腔の少なくとも一部をセグメント化する、例えば体腔をセグメント化するためのセグメント化ユニット１２を備える。例えば、入力として受け取られるデータは、対象者の身体の画像データに関係し、その中で、対象者の撮像領域は、セグメント化の対象とされる体腔を含む。体腔は内臓腔であってよい。体腔は、背部体腔、例えば頭蓋腔であってよく、又は腹部体腔、例えば胸腔、骨盤腔、腹腔、腹腔骨盤腔、又は胸腔と腹腔骨盤腔との組み合わせであってよい。

【００６９】

セグメント化ユニット１２はさらに、体腔の境界表面の少なくとも一部を決定する、例えば体腔の境界表面を決定するように適合される。

【００７０】

例えば、セグメント化ユニット１２は、例えば、体腔の内側の部分と体腔の外側の部分とにデータをセグメント化する、例えばデータを区画するように適合、例えば構成及び／又はプログラムされる。

【００７１】

セグメント化ユニットは、例えばモデルに基づくボリューメトリック画像セグメント化方法など、当技術分野で知られるセグメント化方法を適用する。例えば、セグメント化ユニット１２は、体腔のボリューム及び／又は表面のモデルをデータにフィットするように

適合される。例えば、モデルは、ワイヤメッシュモデルなど、体腔の境界表面のモデルである。セグメント化ユニットは、例えば、データに従ってモデルをスケーリングする、位置決めする、回転させる、及び／又は歪めることにより、モデルを初期化するように適合される。セグメント化ユニットはまた、例えばモデルのワイヤメッシュ表現のノード位置を最適化することにより、データに従ってモデルを適合させる、調整する、変形させる、及び／又は再構成するように構成される。モデルの初期化及び／又は適合は、コスト関数を考慮に入れ、例えばコスト関数の最適化を含む。例えば、本発明の実施形態はそれに制限されず、そのようなコスト関数は、以下のいずれか１つ又は以下の任意の組み合わせに関係する項及び／又は係数を含む。

境界表面に沿った画像データのエッジ及び／又は「表面度（surfaceness）の指標；

境界表面湾曲の正則化又はモデルの形状に関する他の正則化；

例えば、境界の内側の領域にわたって、及び／又は、好ましくは別途境界の外側の領域にわたって、取られた又は統計的に集計された、平均ボクセル値、分散尺度、別の統計モーメント又は尺度；

上記に示されたいずれかの値の基準からの偏差；

境界の内側の領域と外側の領域それぞれについての、上記に示されたような同様に収集された値間の差；

デジタル画像のセグメント化を行うために当業者に知られている任意の他の１つ又は複数の最適化基準。

【００７２】

本発明の実施形態は、必ずしもモデルに基づくセグメント化に制限されない。例えば、画像に基づくセグメント化を適用して、例えば、画像フィルタ処理、形態フィルタ処理、ｗａｔｅｒｓｈｅｄ動作、閾値処理若しくはヒストグラムに基づく方法、クラスタリング、エッジ検出、又は当技術分野で知られる他のセグメント化技術のいずれか１つ又は任意の組み合わせを適用することにより、体腔を検出する。例えば、セグメント化ユニットは、各ボクセルに、そのボクセルが体腔に割り当てられているか、又は体腔の外側にあるかを示すラベルを割り当てる。セグメント化ユニットは、境界表面に属するボクセルを決定するか、又は境界表面のパラメトリックモデル、例えばワイヤメッシュモデルを構築する。

【００７３】

代替として（又は追加として）、セグメント化ユニットは、機械学習、例えば深層学習のアルゴリズムを実施して、体腔及び／又は境界表面をセグメント化するように適合される。例えば、そのようなアルゴリズムは、教師あり、教師なし、又は半教師ありの学習手法を適用することができる。アルゴリズムは、サポートベクトルマシン（ＳＶＭ）手法、ベイズ学習手法、クラスタリング手法、人工ニューラルネットワーク若しくは自己組織化（ＳＯＭ）手法、最小絶対縮小及び選択演算子（ＬＡＳＳＯ）若しくはエラスティック・ネット手法、アンサンブル・アルゴリズム、次元削減アルゴリズム、及び／又は、ディープＢｏｌｔｚｍａｎｎマシン、ディープ・ビリーフ・ネットワーク、畳み込みニューラルネットワーク若しくはスタックド・オート・エンコーダなどの過剰演算手法を備える。例えば、セグメント化ユニットは、確率マップに基づいてデータをセグメント化する。例えば、そのような確率マップは、有利にロバストな結果を提供し得る畳み込みニューラルネットワークにより、又は当技術分野で知られるようなセグメント化の目的に適した確率マップを演算する異なる方法（上記に提供される例など）により、提供される。

【００７４】

画像処理装置はまた、３Ｄ診断画像内の境界表面の局所近傍からの画像情報を境界表面上に投影することによって境界表面の表面テクスチャを決定するための表面テクスチャプロセッサ１３を備える。

【００７５】

例えば、境界表面の要素ごとに、例えば画像強度又はグレー値などのボクセル値が、その要素の場所において境界表面に直角な方向に延在する、例えば、境界表面要素の外部側

に隣接する、又は代替として境界表面要素のどちらかの側に延在する局所近傍から、収集される。ボクセル値は、境界表面要素に関連付けられた少なくとも１つの値、例えば単一の値に集計される。複数の境界表面要素にわたって定義された複数のそのような値が、表面テクスチャを形成する。

【００７６】

例えば、境界表面上の各ボクセルが一つの境界表面要素に対応するか、又は境界表面の各メッシュ要素が、一つの境界表面要素、例えば三角化された表面メッシュモデルの各三角形に対応する。

【００７７】

例えば、本発明の実施形態において、セグメント化ユニットによって決定された境界表面を形成する表面メッシュの三角形ごとに、所定の範囲内の表面法線に沿って画像強度が収集される。例えば、この所定の範囲は、表面から表面の外側に向かって延在するか、又は表面の内側と外側の両方に延在する。

【００７８】

局所近傍は、所定の範囲、例えば、ある数のボクセル又は距離に対応する。所定の範囲は、境界表面要素にわたって均一であっても、又は境界表面要素間で異なってもよい。例えば、モデルに基づくセグメント化では、体腔の初期モデルが、例えば事前の解剖学的知識に基づいて、初期モデルの要素ごとに範囲を事前定義する。また、局所近傍は、例えば処理される単一のデータセットから、又は局所近傍に関する以前の範囲設定の過去の記録から、例えば、グローバルに、又は特定の境界表面要素ごとに、動的に決定又は学習されてもよい。局所近傍は、構成可能な範囲に対応していてもよく、例えば、（近）リアルタイムで視覚的表現を再演算するためにユーザによって調整される。

【００７９】

収集されたボクセル値は、例えば、収集されたボクセル値の平均、中央値、最小値、最大値、又は所定の分位値を計算することにより、統計的集計演算子で少なくとも１つの値に集計される。統計的集計演算子は、データの画像モダリティ及び関心対象の扁平な解剖学的構造を考慮に入れることによって決定される。例えば、骨構造及びｘ線撮像モダリティには、ハウンスフィールド単位で表されることもある収集されたボクセル値の最大値が、解剖学的に関連するテクスチャマップを作成するのに適した演算であり得る。しかし、当業者には明らかであるように、他の撮像モダリティ及び／又は他の関心対象の組織には、当技術分野で知られる別の演算子がより適する可能性がある。

【００８０】

例えば、コンピュータ断層撮影において、データが、骨が一般には高い画像値によって可視化される画像データに関係する例では、収集されたボクセル値の最大値が、境界表面要素ごとに、その境界表面要素に関連付けられて、複数の境界表面要素にわたって集合的に表面テクスチャを形成する。

【００８１】

画像処理装置はさらに、境界表面に適用された表面テクスチャの視覚的表現を出力するための出力部１４を備える。例えば、視覚的表現は、境界表面に対応する３次元モデルの静的又は動的な投影ビューを備える。表面テクスチャは、例えば境界表面要素に対して決定された値などの表面テクスチャに従って、境界表面を色付けすることにより、例えば、色、例えば色相、飽和度及び／又は明度を変えることにより、適用される。表面テクスチャは、３次元モデルのシミュレーションされた物質特性、例えば、発光特性、光沢特性、光拡散特性、半透明性特性、透明性特性、及び／又は正反射特性を変えることによって適用されてもよい。

【００８２】

画像処理装置は、ユーザインターフェース１５を備え、ユーザインターフェース１５は、ユーザが視覚的表現を操作すること、例えば３次元モデルの投影ビューを変えること、及び／又は異なる表示モード間、例えば同じ境界表面の異なる視覚的表現で切り替えること、並びに／又はセグメント化及び／若しくはテクスチャを再計算するためにパラメータ

、例えば、腔をセグメント化するために使用される正則化パラメータ、又はテクスチャを演算するためにボクセル値が収集される範囲を定義する深さパラメータを調整することを可能にする。

【００８３】

ただし、本発明の実施形態は、必ずしもそのようなユーザインターフェースを必要としない。例えば、出力部は、評価及び／又は記憶のために別のシステムにエクスポートされる、デジタル画像記憶形式、例えば２Ｄ又は３Ｄの画像形式で画像を生成する。

【００８４】

視覚的表現は、境界表面の外部ビューに対応してよい。視覚的表現は、境界表面の内部ビューに対応してもよい。

【００８５】

視覚的表現は、２つの部分、例えば２つの半体に切断されて同時に視覚化される境界表面を備える。例えば、これにより、ユーザが、例えば表示された投影の回転を必要とすることなく、体腔の包囲物を単一のビューで評価することが可能になる。例えば、胸郭を効率的に評価するために胸郭全体が単一のビュー（前側部分及び後側部分を含む）で提示される。

【００８６】

例えば、境界表面の前側ビュー及び後側ビューが同時に提示される。前側ビュー及び後側ビューは、腔の外側の視点から生成されても、又は腔の内側の視点から生成されてもよく、例えば外部ビュー又は内部ビューに対応する。

【００８７】

視覚的表現は、例えば境界表面のメッシュを平坦化して平面構成にすることによって取得される、境界表面の平面表現を備える。例えば、境界表面は、境界表面を展開して平坦化するような線に沿って切り開かれる。例えば、境界表面は切られて、２つの部分、例えば前側部分及び後側部分にされ、各部分が別個に平坦化されて、同時に提示される。テクスチャ情報は、例えば上記ですでに解説したように、平面表現に適用される。平坦化は、平坦さの制約を満たす、例えば最小化すべきコストは矢状軸に沿った座標変動にあると考えると同時に、元の境界表面からの偏差を最小にするように、表面（又はその一部）を最適化することを含む。平坦化はまた、平面への３次元境界表面の座標の事前定義されたマッピング、例えば平面投影又は円筒投影などの投影を適用することによる、ヒューリスティックな展開及び／又は平坦化手法も含む。

【００８８】

画像処理装置は、視覚的表現上で扁平骨及び／又は他の関心対象の解剖学的特徴にラベル付けするためのラベル付けユニット１６も備える。例えば、異なる扁平骨及び／又は単一の扁平骨上にある関心対象の特徴が、別個にラベル付けされる。例えば、各肋骨が適宜ラベル付けされる。例えば、骨盤複合体にあるランドマーク、例えば、寛骨、仙骨、腸骨、坐骨、恥骨、恥骨結合、寛骨臼、閉鎖孔、及び／又は尾骨にラベル付けされる。ただし、これは例示に過ぎず、例えば、各肋骨の個々の態様が別個にラベル付けされ、又は骨盤複合体が様々な詳細さでラベル付けされ、例えば、一つの骨の各部分、例えば恥骨の体、枝、及び節が、個々にラベル付けされる。以降で扁平骨に関するラベル又は扁平骨のセグメント化が参照される場合、それは、単一の扁平骨及び／又は結合組織、膜、筋肉及び／若しくはそれらの一部、例えばそのランドマーク特徴など、関心対象の他の解剖学的特徴若しくは構造のより詳細な態様にも関係することが理解されるべきである。

【００８９】

例えば、視覚的表現上へのオーバーレイの中に注釈テキストが提供される。例えば、セグメント化ユニットは、例えば胸腔などの体腔に隣接した関心対象の扁平な解剖学的構造、例えば肋骨などの扁平骨をセグメント化する、例えば、扁平骨を個々にセグメント化し、各扁平な解剖学的構造に対応する視覚的表現上の点又は領域にラベルを登録するようにも適合される。

【００９０】

代替として、ラベルは、境界表面のワイヤメッシュ表現の所定のノードにリンクされる、例えば、画像データをフィットするように再構成される初期モデルの中の所定のノードにリンクされて、画像データにフィットするようにモデルを適合させながら、ラベルがモデルと共に進化するようにする。例えば、腔モデルは解剖学的対応関係を維持して、メッシュモデルのそれぞれラベル付けされた表面部分が、扁平骨、例えば肋骨、及び／又は扁平骨、例えば肋骨、に関連付けられた確率領域を示すことができるようにする。

【００９１】

代替として、画像処理装置は、関心対象の特徴を検出するため、例えば、体腔に隣接した扁平骨を検出する、例えば胸郭の個々の肋骨を検出して判別するために、表面テクスチャの２次元セグメント化を行うように適合される。表面テクスチャの２Ｄセグメント化が、３Ｄ画像データ上での扁平な解剖学的構造の直接のセグメント化よりも効率的及び／又はロバストであることは利点である。よって、ラベル付けは、表面テクスチャの２Ｄセグメント化も考慮に入れる。

【００９２】

また、ユーザインターフェースは、ポインティングデバイスを使用して構造の上に乗ったときに、視覚的表現内で、構造、例えば扁平骨、例えば肋骨、を強調表示するように適合される。また、ユーザインターフェースは、扁平骨又は扁平骨の組み合わせを、ユーザ対話によって選択し、その選択を視覚的表現の中で分離して表示する、及び／又はその選択を視覚的表現から除去するように適合される。

【００９３】

第２の態様において、本発明の実施形態は、本発明の第１の態様に係る画像処理装置を備えたワークステーション、例えばコンピュータ断層撮影ワークステーション又は磁気共鳴撮像ワークステーションにも関する。例えば、本発明の実施形態は、以下で図２との関連でさらに説明されるコンピューティングシステム１１６などのワークステーションに関する。

【００９４】

第３の態様において、本発明の実施形態は、本発明の第１の態様に係る画像処理装置を備えたコンピュータ断層撮影システムにも関する。例えば、本発明の実施形態は、以下で図２との関連でさらに説明される撮像システム１００などのコンピュータ断層撮影システムに関する。

【００９５】

図２は、コンピュータ断層撮影（ＣＴ）スキャナを備えた撮像システム１００を例示する。撮像システム１００は、概ね固定型のガントリー１０２及び回転ガントリー１０４を備える。回転ガントリー１０４は、固定型ガントリー１０２によって回転可能に支持され、長手軸Ｚを中心として検査領域１０６の周りを回転する。

【００９６】

ｘ線管などの放射線源１０８が、回転ガントリー１０４によって回転可能に支持されて、例えばこの回転ガントリー１０４と共に回転し、また、検査領域１０６を横断する多エネルギー放射線を発するように適合される。放射線源１０８は、単一の広域スペクトルｘ線管を備えるか、又はそれからなる。代替として、放射線源は、スキャン中に、少なくとも２つの異なる光子放出スペクトルの間で制御可能に切り替わる、例えば、８０ｋＶｐ、１４０ｋＶｐ等の少なくとも２つの異なるピーク放出電圧の間で切り替わるように適合される。別の変形例において、放射線源１０８は、異なる平均スペクトルを備える放射線を発するように構成された２つ以上のｘ線管を備える。別の変形例において、放射線源１０８は、上記の組み合わせを備える。代替として又は追加として、以下でさらに解説される放射線感受性検出器アレイ１１０は、例えば、異なるエネルギー、例えば異なるエネルギー範囲を区別するために、放射線を空間的及びスペクトル的に分解するように適合される。

【００９７】

放射線感受性検出器アレイ１１０は、検査領域１０６を挟んで放射線源１０８の反対側

で、ある角度の弧に対している。アレイ１１０は、Ｚ軸方向に沿って互いに対して配置された検出器の１つ又は複数の列を含む。アレイ１１０は、検査領域１０６を横断する放射線を検出して、それを示す信号を生成するように適合される。アレイ１１０は、放射線検出器を備えてよい。

【００９８】

システムは、検出器アレイ１１０によって出力された信号を再構築する再構築器１１２を備える。再構築器１１２は、信号を再構築し、１つ又は複数の断層撮影画像を生成するように適合される。

【００９９】

システムは、物体又は対象者を検査領域の中に支持するための、寝台などの対象者支持台１１３を備える。システムはまた、オペレータコンソール１１４、例えば、システム１００を制御若しくは監視するように、及び／又はオペレータにユーザインターフェースを提供するようにプログラムされた汎用コンピュータを備える。コンソール１１４は、モニタやディスプレイなどの人間可読出力装置と、キーボードやマウスなどの入力装置とを含む。コンソール１１４に常駐するソフトウェアが、オペレータがグラフィカルユーザインターフェース（ＧＵＩ）を介して、又はその他の形でスキャナ１００と対話することを可能にする。この対話は、撮像プロトコルの選択、スキャンの開始等を含む。

【０１００】

撮像システム１００は、ＣＴスキャナとの通信を容易にするための入力／出力（Ｉ／Ｏ）インターフェース１１８を備えた、ワークステーション、例えばコンピュータなどのコンピューティングシステム１１６に、動作可能に接続される。撮像システム１００は、システムレベルの内蔵構成要素であるコンピューティングシステム１１６を備えるか、又は撮像システム１００は、例えばコンピューティングシステム１１６に画像データを送信するために、スタンドアロンコンピューティングシステム１１６と通信するように適合される。

【０１０１】

コンピューティングシステム１１６は、出力装置１２０をさらに備える。１つ又は複数の出力装置は、例えば、表示モニタ、フィルムプリンタ、紙プリンタ及び／又はオーディオフィードバック用のオーディオ出力部を備える。コンピューティングシステムはまた、マウス、キーボード、タッチインターフェース及び／又は音声認識インターフェースなどの、入力装置１２２又は複数の入力装置を備える。コンピューティングシステム１１６はまた、中央演算処理装置（ＣＰＵ）、マイクロプロセッサ、処理用の専用特定用途集積回路（ＡＳＩＣ）、及び／又はフィールドプログラマブルゲートアレイなどの適宜構成されたプログラム可能ハードウェアプロセッサなどの、少なくとも１つのプロセッサ１２４を備える。コンピューティングシステムは、コンピュータ可読記憶媒体１２６、例えば、物理的デジタルメモリなどの非一時的メモリを備える。コンピュータ可読記憶媒体１２６は、コンピュータ可読命令１２８及びデータ１３０を記憶する。少なくとも１つのプロセッサ１２４は、コンピュータ可読命令１２８を実行するように適合される。少なくとも１つのプロセッサ１２６は、信号、搬送波、又は他の一時的媒体によって搬送されるコンピュータ可読命令も実行する。代替として又は追加として、少なくとも１つのプロセッサは、例えばフィールドプログラマブルゲートアレイ又は命令の少なくとも一部を実行するように特別に設計されたＡＳＩＣの構成により、必ずしも命令のメモリ記憶を必要とすることなく、命令１２８を、例えば全体的又は部分的に実現するように物理的に構成される。

【０１０２】

コンピューティングシステムは、本発明の第１の態様の実施形態に係る画像処理装置を実施するように、例えば上記で言及したコンピュータ可読命令に従ってプログラムされる。

【０１０３】

命令１２８は、本発明の第４の態様の実施形態に係る方法を行うための画像処理アルゴリズム１３２を備える。

【０１０４】
第４の態様において、本発明の実施形態は、体腔に隣接した少なくとも１つの扁平骨など、体腔に隣接した少なくとも１つの扁平な解剖学的構造を視覚化する方法にも関する。
【０１０５】
本発明の実施形態に係る方法の詳細は、本発明の第１の態様の実施形態に関する上記で提供された説明との関連で明らかにされる。詳細には、本発明の実施形態に係る装置によって行われる機能は、本発明の実施形態に係る方法の対応するステップ及び／又は特徴を構成するものと理解される。
【０１０６】
図３は、本発明の実施形態に係る例示的方法３００を例示する。
【０１０７】
方法３００は、３次元診断画像を表すデータを受け取るステップ３１０を有する。
【０１０８】
方法３００はまた、３次元診断画像内で体腔の少なくとも一部をセグメント化３０２し、体腔の境界表面の少なくとも一部を決定するステップを有する。
【０１０９】
方法３００はさらに、３次元診断画像内の境界表面の局所近傍からの画像情報を境界表面上に投影することにより、境界表面の表面テクスチャを決定するステップ３０３を有する。
【０１１０】
方法３００はまた、境界表面上に表面テクスチャを適用して視覚化することにより、体腔に隣接した少なくとも１つの扁平な解剖学的構造の視覚的表現を生成するステップ３０４を有する。
【０１１１】
第５の態様において、本発明の実施形態は、コンピューティングシステムのプロセッサによって実行されたときに、コンピューティングシステムに本発明の第４の態様の実施形態に係る方法を行わせる１つ又は複数のコンピュータ実行可能命令が符号化された、コンピュータ可読記憶媒体にも関する。
【０１１２】
第１の例で、図４から図６は、本発明の実施形態の適用を例示する。図４は、３Ｄ診断ＣＴスキャンの正面画像スライスを示し、これには腹部内臓腔のセグメント化の境界表面４０１が示されている。図５は、境界表面の視覚的表現、例えば３次元境界表面の投影ビューを示す。
【０１１３】
図６は、別個且つ同時に視覚化された境界表面の２つの半体を含む、視覚的表現を示す。テクスチャは、腔の内部の境界表面から１０ｍｍ離れたところから、腔の外部の境界表面から１０ｍｍ離れたところまで延在する範囲にわたって、境界表面に対して法線方向に最大値強度投影を適用することによって取得された。矢印の表示６０１は、折れた肋骨を示している。本発明の実施形態では、ユーザインターフェースを使用して、例えば矢印の表示６０１によって示されるように、視覚的表現上の位置を指し示すことができる。ユーザインターフェースは、例えば、（２Ｄ）ビュー上の指示位置に対応する視野線と境界表面との交点を計算することにより、指示された位置に対応する３Ｄ座標を探すように適合される。ユーザインターフェースは、その３Ｄ座標に対応する３Ｄボリューメトリックデータの画像スライス、例えば図６に示される軸方向スライスを示すように適合される。
【０１１４】
図７から図１０は、胸腔を取り囲む及び／又は支持する骨構造の例示的な平面視覚的表現（例えば平坦化された視覚的表現）を示す。そのような視覚化は、腔を支持している骨を、例えば一目で、迅速且つ完全に概観することを有利に可能にする。例えば、対話を全く必要とすることなく異常が検出され得る。図７は、識別可能な異常がないビューを示す。図８は、複数の肋骨及び椎体特徴を示す。図９は、癒合した骨折又は骨癌を示す可能性

のある肋骨病変を示す。図１０は、嚢腫を示す可能性のある別の肋骨病変を示す。

【０１１５】

図１１は、本発明の実施形態本発明の実施形態に係る第２の例示的な画像処理装置２００を例示する。第２の画像処理装置２００は、図１の（第１の）画像処理装置１０で説明されたものと同様の構成要素を備える。

【０１１６】

加えて、第２の画像処理装置２００は、表面テクスチャ及び前記境界表面を非剛体的に変形させることによって少なくとも１つの扁平な解剖学的構造の視覚的表現を変形させるように構成された非剛体変形ユニット２１４を備える。

【０１１７】

換言すると、変形ユニット２１４は、少なくとも１つの扁平な解剖学的構造の非剛体的に変形された視覚的表現を可能にするために、表面テクスチャ及びそれに対応する境界表面を非剛体な形で変形させるように構成される。

【０１１８】

好ましくは、少なくとも１つの扁平な解剖学的構造は、１つの肋骨、複数の肋骨、さらには身体のすべての肋骨を備える。

【０１１９】

さらに好適には、表面テクスチャ及び前記境界表面の非剛体変形は、まっすぐに伸ばされた形である。これにより、１つ又は複数の肋骨がまっすぐになっている、又はまっすぐに伸ばされた視覚的提示を可能にする。複数の肋骨又は全肋骨の前記視覚的表現の場合、まっすぐに伸ばされた肋骨は、互いに対して平行である。

【０１２０】

図１２は、本発明の実施形態に係る第２の例示的方法４００を例示する。

【０１２１】

第２の方法４００は概して、図３に例示される方法３００を含むが、非剛体的に、すなわち非剛体的な形で変形させるステップ４０４をさらに有する。

【０１２２】

第２の方法４００は、３Ｄ診断画像を受け取るステップ４０１と、体腔をセグメント化するステップ４０２と、表面テクスチャを決定するステップ４０３と、非剛体的な形で変形させる前記ステップ４０４と、好ましくは肋骨を含む、変形された扁平な解剖学的構造の視覚的表現を生成するステップ４０５とを有する。

【０１２３】

例えば、方法は、初期２Ｄ投影画像から開始して１つ又は複数の肋骨をまっすぐに伸ばすステップを有する。初期２Ｄ投影画像は、好ましくは、表面テクスチャ及び境界表面から得られ、したがって、その結果、変形されていない扁平な解剖学的構造を伴う初期２Ｄ投影が得られる。

【０１２４】

肋骨をまっすぐに伸ばすことができるように、肋骨が初期２Ｄ投影画像から検出される。これが図１３に例示され、１本の肋骨について湾曲した下方肋骨境界５００を示している。１本の肋骨のみについての１つのみの湾曲した下方肋骨境界５００が示されているが、より多くの、さらにはすべての肋骨について湾曲した下方肋骨境界を検出することが予想される。

【０１２５】

代替として、湾曲した上方肋骨境界が使用されるか、又は、湾曲した肋骨の中心線を決定する中心線検出などの、任意の他の湾曲肋骨検出が使用される。

【０１２６】

例えば、下方肋骨境界は、下降する画像勾配ボクセルを使用し、各候補の大きさ、長さ、及び位置に基づいて偽陽性の候補を除外することによって検出される。

【０１２７】

図１４は、破線によって示される、まっすぐな肋骨伸展５０１を例示する。換言すると

、図１３の湾曲した下方肋骨境界５００がまっすぐに伸ばされ、変形されて、図１４に示されるまっすぐな肋骨伸展５０１にされる。

【０１２８】

湾曲した下方肋骨境界５００の長さは、２Ｄ初期投影画像のビュー内でのまっすぐな肋骨伸展５０１の長さと同じであり、その結果、２Ｄ初期投影画像に対して垂直方向の変形のみが得られる。

【０１２９】

代替として、さらなる水平方向への変形が含められてよい。換言すると、肋骨は、２Ｄ初期投影画像に垂直な面でも湾曲される。この湾曲を含めると、結果として肋骨の正確な３Ｄ長さが得られ、その結果、より長いまっすぐな肋骨伸展が得られる。下方肋骨境界は、このより長いまっすぐな肋骨伸展に合わせて変形される。

【０１３０】

好ましくは、各肋骨は、各自のまっすぐな肋骨伸展（破線）に対応する目標位置へと変形される。目標位置へと変形させる間、長さは、２Ｄ視点（垂直方向の変形のみ）又は３Ｄ視点（垂直方向及び水平方向の変形）のいずれかから維持され、これは、実質的に各肋骨をまっすぐに伸ばすことに対応する。

【０１３１】

初期２Ｄ投影画像は、肋骨の表面テクスチャ及び境界表面に基づくので、実質的にこの表面テクスチャ及び境界表面が、上記のステップに従って変形され、すなわち、下方肋骨境界５００が、まっすぐな肋骨伸展５０１である目標位置へと変形される。

【０１３２】

これで各下方肋骨境界（図１３の実線）の各自の目標位置（図１４の破線）への変形を確立できるようになったので、例えば多レベルＢスプラインを使用して、非剛体変形場を生成することができる。

【０１３３】

図１５は、湾曲した肋骨の初期２Ｄ投影画像を示す。非剛体変形場がこの初期２Ｄ投影画像に適用され、その結果、図１６に例示されるように、肋骨がまっすぐに伸ばされた新しい投影画像が得られる。

【図１】

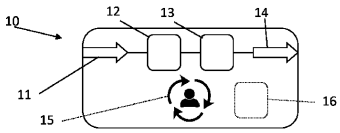


FIG 1

【図２】

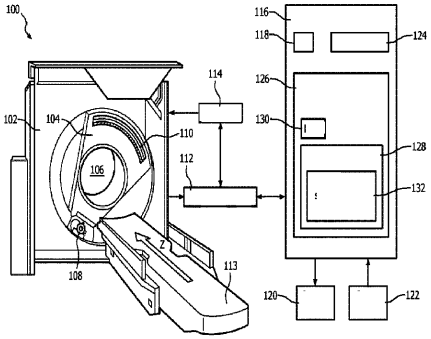


FIG 2

【図３】

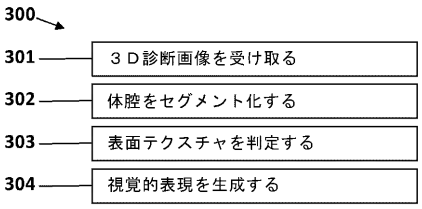


図３

【図４】

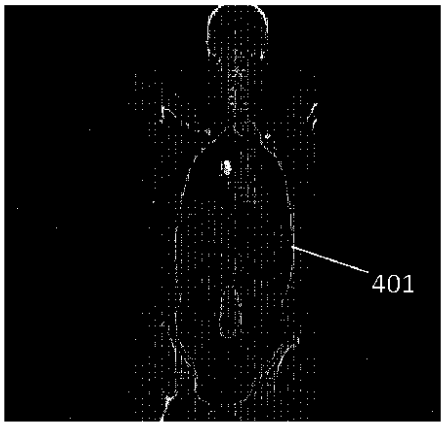


FIG 4

【図５】

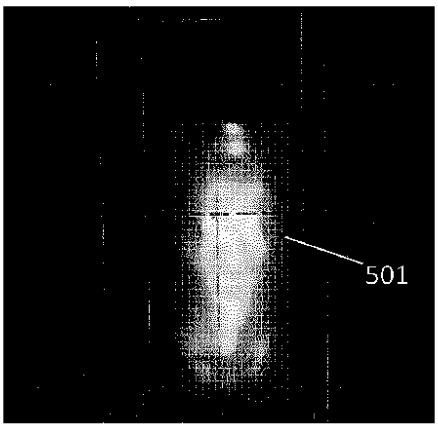


FIG 5

【図６】

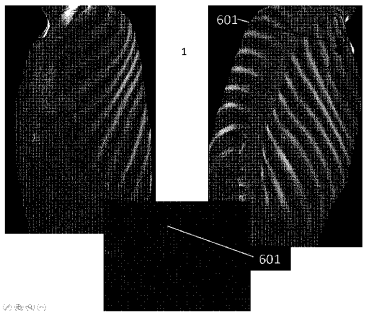


FIG 6

【図７】

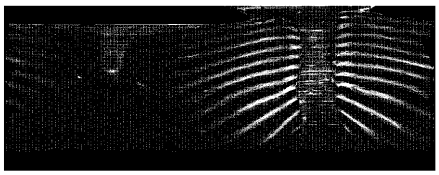


FIG 7

【図８】

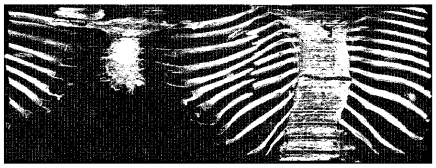


FIG 8

【図９】

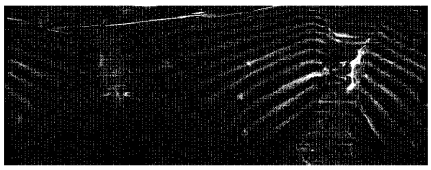


FIG 9

【図１０】

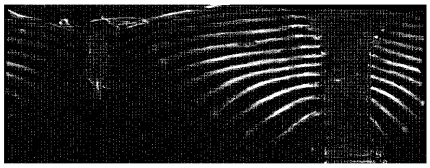


FIG 10

【図１１】

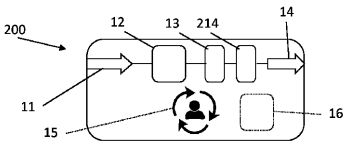


FIG 11

【図１２】

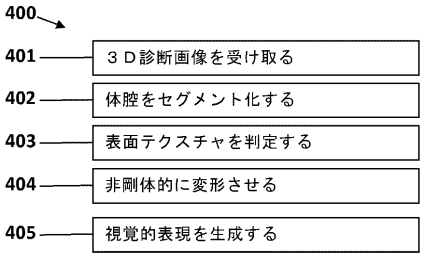


図１２

【図１３】

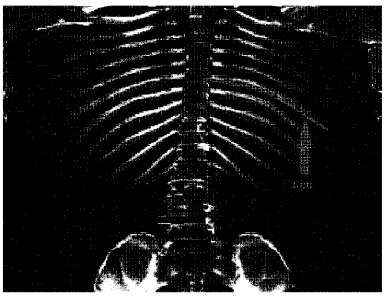


FIG 13

【図１４】

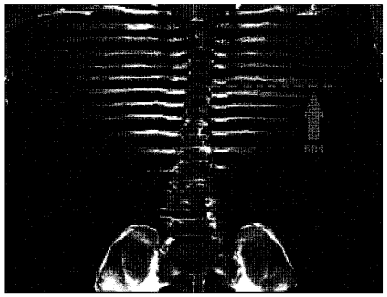


FIG 14

【図１５】

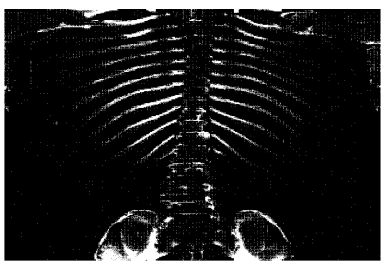


FIG 15

【図１６】

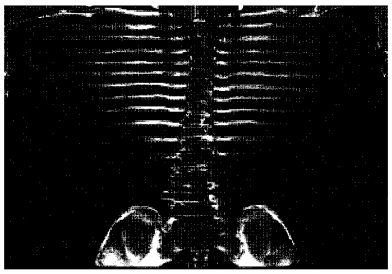


FIG 16

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2018/073547

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G06T7/12 G06T15/04 G06T17/00
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G06T

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2008/107318 A1 (KIRALY ATILLA P [US]) 8 May 2008 (2008-05-08) abstract paragraph [0008] paragraph [0037] - paragraph [0041] figure 3 -----	1-17
X	US 6 181 348 B1 (GEIGER BERNHARD [US]) 30 January 2001 (2001-01-30) abstract column 1, line 35 - line 52 column 2, line 15 - line 38 column 3, line 18 - line 58 column 4, line 11 - line 33 column 5, line 8 - line 15 figures 2, 3, 6,7,9 ----- -/--	1-11, 15-17

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C. [X] See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
9 November 2018	21/11/2018

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Mohedano del Pozo, R

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2018/073547

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2005/018888 A1 (ZONNEVELD FRANS WESSEL [NL]) 27 January 2005 (2005-01-27) abstract paragraph [0001] - paragraph [0002] paragraph [0010] - paragraph [0012] paragraph [0024] - paragraph [0032] paragraph [0038] figure 2 -----	1-11, 15-17
X	US 2005/099416 A1 (MOREAU-GOBARD ROMAIN [US] ET AL) 12 May 2005 (2005-05-12) abstract paragraph [0006] paragraph [0021] - paragraph [0025] paragraph [0038] - paragraph [0039] paragraph [0045] - paragraph [0046] claim 18 figure 2 -----	1-11, 15-17
A	HELMUT RINGL ET AL: "The ribs unfolded - a CT visualization algorithm for fast detection of rib fractures: effect on sensitivity and specificity in trauma patients", EUROPEAN RADIOLOGY, vol. 25, no. 7, 14 February 2015 (2015-02-14), pages 1865-1874, XP055225320, DE ISSN: 0938-7994, DOI: 10.1007/s00330-015-3598-2 the whole document -----	1-17

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2018/073547

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2008107318 A1	08-05-2008	NONE	
US 6181348 B1	30-01-2001	NONE	
US 2005018888 A1	27-01-2005	AU 2002366321 A1	30-06-2003
		EP 1458292 A2	22-09-2004
		JP 2005511234 A	28-04-2005
		US 2005018888 A1	27-01-2005
		WO 03051200 A2	26-06-2003
US 2005099416 A1	12-05-2005	NONE	

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (April 2005)

フロントページの続き

(81)指定国・地域 AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IR,IS,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT

(72)発明者 クリンダー トビアス
オランダ国 ５６５６ アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス ５
(72)発明者 ヴォン ベルグ ジェンス
オランダ国 ５６５６ アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス ５
(72)発明者 ローレンツ クリスチャン
オランダ国 ５６５６ アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス ５

Ｆターム(参考) 4C093 AA22 AA26 CA18 FF17 FF19 FF28 FF35 FF42 FF45 FG01
FG13
5L096 AA06 AA09 BA06 BA13 DA01 FA19 HA09