

(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2017-532092

(P2017-532092A)

(43) 公表日 平成29年11月2日(2017.11.2)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
A 6 1 B 6/03 (2006.01)	A 6 1 B 6/03 3 6 0 J	4 C 0 9 3
A 6 1 B 5/055 (2006.01)	A 6 1 B 5/05 3 8 0	4 C 0 9 6
G 0 6 T 7/00 (2017.01)	G 0 6 T 7/00 3 5 0 B	5 L 0 9 6

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 32 頁)

(21) 出願番号	特願2017-512347 (P2017-512347)	(71) 出願人	517150065 エレクトラ、インク。 E L E K T A, I N C. アメリカ合衆国 3 0 3 4 6 ジョージア 州 アトランタ スイート50 パリミタ ー・センター・テラス 4 0 0
(86) (22) 出願日	平成27年8月20日 (2015. 8. 20)	(74) 代理人	100087479 弁理士 北野 好人
(85) 翻訳文提出日	平成29年3月27日 (2017. 3. 27)	(72) 発明者	ハン シャオ アメリカ合衆国 6 3 0 0 5 ミズーリ州 チェスターフィールド サンドバークコ ート 1 9 2 4
(86) 国際出願番号	PCT/US2015/046011		
(87) 国際公開番号	W02016/036516		
(87) 国際公開日	平成28年3月10日 (2016. 3. 10)		
(31) 優先権主張番号	14/474, 407		
(32) 優先日	平成26年9月2日 (2014. 9. 2)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 解剖学的ランドマークベースの特徴に基づいた医用画像をセグメント化するためのシステム及び方法

(57) 【要約】

本開示は、医用画像をセグメント化するためのシステム、方法、及びコンピュータ可読記憶媒体に関する。本開示の実施形態は、医用画像をセグメント化する方法に関する。この方法は、複数のコンピュータ実行可能命令を実行するプロセッサ装置によって実施することができる。方法は、メモリから画像を受け取り、画像内の少なくともひとつのランドマークポイントを識別することを含むことができる。前記方法は、前記画像内の画像ポイントを選択するステップと、前記少なくともひとつのランドマークポイントに対する前記画像ポイントの少なくともひとつの特徴点を決定するステップをさらに含むことができる。この方法はまた、少なくともひとつの決定された特徴点に基づいて分類モデルを使用することによって、画像ポイントを解剖学的構造に関連付けることを含むことができる。

【選択図】 図7

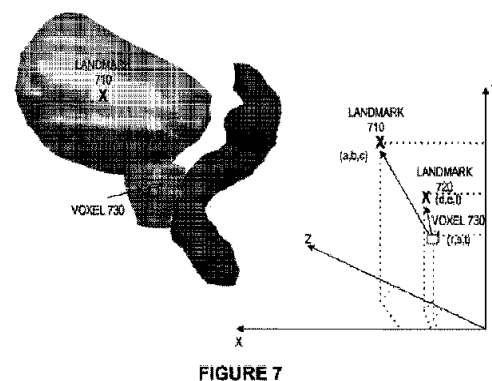


FIGURE 7

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

医用画像をセグメント化するためコンピュータに実装された方法であって、
メモリから画像を受け取るステップと、
前記画像内の少なくともひとつのランドマークポイントを識別するステップと、
前記画像内の画像ポイントを選択するステップと、
プロセッサによって、前記少なくともひとつのランドマークポイントに関連する前記画像ポイントに対する少なくともひとつの特徴を決定するステップと、
前記プロセッサによって、前記決定された少なくともひとつの特徴に基づいて、前記分類モデルを使用することにより前記画像ポイントを解剖学的構造と関連付けるステップとを含むことを特徴とする方法。

10

【請求項 2】

請求項 1 記載の方法において、
機械学習技術を使用して前記分類モデルを生成するステップを更に含むことを特徴とする方法。

【請求項 3】

請求項 2 記載の方法において、
前記方法は、複数の訓練画像を使用して前記分類モデルを訓練する訓練ステップを更に含み、
前記訓練ステップは、
前記複数の画像のうち、複数の画像ポイントを有する訓練画像を受け取るステップと、
前記訓練画像内の少なくともひとつのランドマークポイントを識別するステップと、
前記訓練画像内の画像ポイントのセットを識別するステップであって、前記セット内の各画像ポイントが解剖学的構造に関連付けられているステップと、
前記ランドマークポイントに関連する前記セット内の各画像ポイントに対する少なくともひとつの特徴を決定するステップと、
前記画像ポイントのセットを訓練データとして使用し、分類されていない画像ポイントの少なくともひとつの特徴に基づいて前記分類されていない画像ポイントの解剖学的構造を予測する分類モデルを生成するステップとを含むことを特徴とする方法。

20

30

【請求項 4】

請求項 3 記載の方法において、
前記画像ポイントのセットは、前記訓練画像内でランダムに選択されることを特徴とする方法。

【請求項 5】

請求項 1 記載の方法において、
前記少なくともひとつの決定された特徴は、前記画像ポイントと前記少なくともひとつのランドマークポイントとの間の相対的距離を含むことを特徴とする方法。

【請求項 6】

請求項 1 記載の方法において、
前記少なくともひとつの決定された特徴は、前記画像ポイントと前記少なくともひとつのランドマークポイントとの間に形成される変位ベクトルの方向成分を含むことを特徴とする方法。

40

【請求項 7】

請求項 1 記載の方法において、
前記少なくともひとつの決定された特徴は、前記画像ポイント及び前記少なくともひとつのランドマークポイントによって形成された形状から決定された幾何学的測定値を含むことを特徴とする方法。

【請求項 8】

50

請求項 1 記載の方法において、
前記少なくともひとつの決定された特徴は、前記画像ポイントと前記少なくともひとつのランドマークポイントとの間の相対的な強度値のセットを含む
ことを特徴とする方法。

【請求項 9】

請求項 1 記載の方法において、
前記少なくともひとつの決定された特徴は、画像強度値、画像テクスチャ値、画像パッチ値、曲率値、又は輝度プロファイル値のうちの少なくともひとつを含む
ことを特徴とする方法。

【請求項 10】

10

請求項 1 記載の方法において、
前記少なくともひとつのランドマークポイントは複数のランドマークポイントを含み、
各ランドマークポイントは前記訓練画像内の別個の位置にある
ことを特徴とする方法。

【請求項 11】

請求項 1 記載の方法において、
前記少なくともひとつのランドマークポイントは、患者の体内の組織、臓器、又は骨の
少なくともひとつである解剖学的ランドマークである
ことを特徴とする方法。

【請求項 12】

20

請求項 1 記載の方法において、
前記分類モデルを使用して前記解剖学的構造の初期輪郭を生成するステップを更に含む
ことを特徴とする方法。

【請求項 13】

請求項 12 記載の方法において、
ひとつ又はそれ以上の形状モデルを使用することによって前記初期輪郭を精細化するステップを更に含む
ことを特徴とする方法。

【請求項 14】

30

請求項 13 記載の方法において、
前記形状モデルが、アクティブ形状モデル、スパース形状モデル、物理ベース形状モデル、又はそれらの任意の組み合わせのうちの少なくともひとつを含む
ことを特徴とする方法。

【請求項 15】

医用画像をセグメント化するためコンピュータに実装された方法であって、
メモリ位置から画像を受け取るステップと、
前記画像内の少なくともひとつのランドマークポイントを識別するステップと、
前記画像内の画像ポイントを選択するステップと、
プロセッサによって、前記ランドマークポイントに基づいて前記画像ポイントの少なくともひとつの特徴を決定するステップと、
前記画像から画像テクスチャ、画像パッチの少なくともひとつ又はその組み合わせを抽出するステップと、
前記プロセッサによって、少なくともひとつの決定された特徴とすくなくともひとつの前記抽出された画像テクスチャ、前記抽出された画像パッチ及びその組み合わせの少なくともひとつに基づく分類モデルを使用することによって、前記画像ポイントを解剖学的構造と関連付けるステップと
を含むことを特徴とする方法。

40

【請求項 16】

請求項 15 記載の方法において、
前記画像テクスチャは、前記画像内の各画像ポイントの相対強度の空間的配置を含む

50

ことを特徴とする方法。

【請求項 17】

請求項 15 記載の方法において、

前記少なくともひとつの決定された特徴が、前記画像ポイントと前記少なくともひとつのランドマークポイントとの間の相対的距離を含む

ことを特徴とする方法。

【請求項 18】

請求項 15 記載の方法において、

前記少なくともひとつの決定された特徴は、前記画像ポイントと前記少なくともひとつのランドマークポイントとの間に形成される変位ベクトルの方向成分を含む

ことを特徴とする方法。

【請求項 19】

請求項 15 記載の方法において、

前記少なくともひとつの決定された特徴は、前記画像ポイント及び前記少なくともひとつのランドマークポイントによって形成された形状から決定された幾何学的測定値を含むことを特徴とする方法。

【請求項 20】

請求項 15 記載の方法において、

前記少なくともひとつの決定された特徴は、前記画像ポイントと前記少なくともひとつのランドマークポイントとの間の相対的な強度値のセットを含む

ことを特徴とする方法。

【請求項 21】

コンピュータによって実行されると、医用画像をセグメント化するために使用される分類モデルを訓練するための動作を前記コンピュータに実行させるコンピュータ実行可能命令を格納する非一時的なコンピュータ可読媒体であって、

前記コンピュータ実行可能命令は、

複数の画像ポイントと解剖学的構造に関連付けられた訓練画像内の各画像ポイントを含む前記訓練画像を受け取るステップと、

前記訓練画像内の少なくともひとつのランドマークポイントを識別するステップと、

前記ランドマークポイントに関連する前記訓練画像内の各画像ポイントに対する少なくともひとつ又はそれ以上の特徴を決定するステップと、

前記複数の画像ポイントを訓練データとして使用して分類モデルを訓練するステップであって、前記分類モデルは、分類されていない画像ポイントに対する少なくともひとつ又はそれ以上の決定された特徴に基づいて前記分類されていない画像ポイントが解剖学的構造と関連付けられているステップと

を実行する命令を含む

ことを特徴とするコンピュータ可読媒体。

【請求項 22】

請求項 21 記載のコンピュータ可読媒体において、

前記少なくともひとつの決定された特徴が、前記画像ポイントと前記少なくともひとつのランドマークポイントとの間の相対的距離を含む

ことを特徴とするコンピュータ可読媒体。

【請求項 23】

請求項 21 記載のコンピュータ可読媒体において、

前記少なくともひとつの決定された特徴は、前記画像ポイントと前記少なくともひとつのランドマークポイントとの間に形成される変位ベクトルの方向成分を含む

ことを特徴とするコンピュータ可読媒体。

【請求項 24】

請求項 21 記載のコンピュータ可読媒体において、

前記少なくともひとつの決定された特徴は、前記画像ポイント及び前記少なくともひとつ

10

20

30

40

50

つのランドマークポイントによって形成された形状から決定された幾何学的測定値を含むことを特徴とするコンピュータ可読媒体。

【請求項 25】

請求項 21 記載のコンピュータ可読媒体において、
前記少なくともひとつの決定された特徴は、前記画像ポイントと前記少なくともひとつのランドマークポイントとの間の相対的な強度値のセットを含むことを特徴とするコンピュータ可読媒体。

【請求項 26】

請求項 21 記載のコンピュータ可読媒体において、
前記少なくともひとつの決定された特徴は、画像強度値、画像テクスチャ値、画像パッチ値、曲率値、又は輝度プロファイル値のうちの少なくともひとつを含むことを特徴とするコンピュータ可読媒体。

10

【請求項 27】

コンピュータによって実行されると、医用画像をセグメント化するために使用される分類モデルを訓練するための動作を前記コンピュータに実行させるコンピュータ実行可能命令を格納するコンピュータ可読媒体であって、

前記コンピュータ実行可能命令は、
メモリ位置から画像を受け取るステップと、
前記画像内の少なくともひとつのランドマークポイントを識別するステップと、
前記画像内の画像ポイントを選択するステップと、
前記ランドマークポイントに関連する前記画像ポイントに対する少なくともひとつの特徴を決定するステップと、
前記決定された少なくともひとつの特徴に基づいて、前記分類モデルを使用することにより前記画像ポイントを解剖学的構造と関連付けるステップと
を実行する命令を含む
ことを特徴とするコンピュータ可読媒体。

20

【請求項 28】

請求項 27 記載のコンピュータ可読媒体において、
前記少なくともひとつの決定された特徴が、前記画像ポイントと前記少なくともひとつのランドマークポイントとの間の相対的距離を含む
ことを特徴とするコンピュータ可読媒体。

30

【請求項 29】

請求項 27 記載のコンピュータ可読媒体において、
前記少なくともひとつの決定された特徴は、前記画像ポイントと前記少なくともひとつのランドマークポイントとの間に形成される変位ベクトルの方向成分を含む
ことを特徴とするコンピュータ可読媒体。

【請求項 30】

請求項 27 記載のコンピュータ可読媒体において、
前記少なくともひとつの決定された特徴は、前記画像ポイント及び前記少なくともひとつのランドマークポイントによって形成された形状から決定された幾何学的測定値を含む
ことを特徴とするコンピュータ可読媒体。

40

【請求項 31】

請求項 27 記載のコンピュータ可読媒体において、
前記少なくともひとつの決定された特徴は、前記画像ポイントと前記少なくともひとつのランドマークポイントとの間の相対的な強度値のセットを含む
ことを特徴とするコンピュータ可読媒体。

【請求項 32】

請求項 27 記載のコンピュータ可読媒体において、
前記少なくともひとつの決定された特徴は、画像強度値、画像テクスチャ値、画像パッチ値、曲率値、又は輝度プロファイル値のうちの少なくともひとつを含む

50

ことを特徴とするコンピュータ可読媒体。

【請求項 3 3】

医用画像をセグメント化するために使用される分類モデルを訓練するためのシステムであって、

前記システムは、

各訓練画像が複数の画像ポイントを含み、各画像ポイントが解剖学的構造に割り当てられる複数の訓練画像を記憶するように構成されたデータベースと、

前記複数の訓練画像にアクセスするために前記データベースに接続された訓練ユニットとを備え、

前記訓練ユニットは、

前記データベースから訓練画像を受け取り、前記訓練画像は、複数の画像ポイント及び各画像ポイントを含む前記訓練画像は解剖学的構造に割り当てられ、

前記訓練画像内の少なくともひとつのランドマークポイントを識別し、

前記ランドマークポイントに対する前記訓練画像内の各画像ポイントのひとつ又はそれ以上の特徴を決定する

ように構成された特徴抽出モジュールと、

分類されていない画像ポイントを、分類されていない画像ポイントのひとつ又はそれ以上の決定された特徴に基づいて、解剖学的構造と関連付けている分類モデルを訓練するための訓練データとして使用する分類器訓練モジュールとを含む

ことを特徴とするシステム。

10

20

【請求項 3 4】

請求項 3 3 記載のシステムにおいて、

前記少なくともひとつの決定された特徴が、前記画像ポイントと前記少なくともひとつのランドマークポイントとの間の相対的距離を含む

ことを特徴とするシステム。

【請求項 3 5】

請求項 3 3 記載のシステムにおいて、

前記少なくともひとつの決定された特徴は、前記画像ポイントと前記少なくともひとつのランドマークポイントとの間に形成される変位ベクトルの方向成分を含む

ことを特徴とするシステム。

30

【請求項 3 6】

請求項 3 3 記載のシステムにおいて、

前記少なくともひとつの決定された特徴は、前記画像ポイント及び前記少なくともひとつのランドマークポイントによって形成された形状から決定された幾何学的測定値を含む

ことを特徴とするシステム。

【請求項 3 7】

請求項 3 3 記載のシステムにおいて、

前記少なくともひとつの決定された特徴は、前記画像ポイントと前記少なくともひとつのランドマークポイントとの間の相対的な強度値のセットを含む

ことを特徴とするシステム。

40

【請求項 3 8】

請求項 3 3 記載のシステムにおいて、

前記少なくともひとつの決定された特徴は、画像強度値、画像テクスチャ値、画像パッチ値、曲率値、又は輝度プロファイル値のうちの少なくともひとつを含む

ことを特徴とするシステム。

【請求項 3 9】

分類モデルを使用して医用画像をセグメント化するためのシステムであって、

前記システムは、

複数の画像を記憶するように構成されたデータベースと、

前記複数の画像にアクセスするために前記データベースに接続された分類ユニットとを

50

備え、

前記分類ユニットは、

前記データベースから訓練画像を受け取り、

前記画像内の少なくともひとつのランドマークポイントを識別し、

前記画像内に画像ポイントを選択し、

前記ランドマークポイントに関連する前記画像ポイントに対する少なくともひとつの特徴を決定する

ように構成された特徴抽出モジュールと、

前記少なくともひとつの決定された特徴に基づいて、前記分類モデルを使用することにより前記画像ポイントを解剖学的構造と関連付けるように構成された解剖学的分類モジュールとを含む

10

ことを特徴とするシステム。

【請求項 40】

請求項 39 記載のシステムにおいて、

前記少なくともひとつの決定された特徴が、前記画像ポイントと前記少なくともひとつのランドマークポイントとの間の相対的距離を含む

ことを特徴とするシステム。

【請求項 41】

請求項 39 記載のシステムにおいて、

前記少なくともひとつの決定された特徴は、前記画像ポイントと前記少なくともひとつのランドマークポイントとの間に形成される変位ベクトルの方向成分を含む

20

ことを特徴とするシステム。

【請求項 42】

請求項 39 記載のシステムにおいて、

前記少なくともひとつの決定された特徴は、前記画像ポイント及び前記少なくともひとつのランドマークポイントによって形成された形状から決定された幾何学的測定値を含むことを特徴とするシステム。

【請求項 43】

請求項 39 記載のシステムにおいて、

前記少なくともひとつの決定された特徴は、前記画像ポイントと前記少なくともひとつのランドマークポイントとの間の相対的な強度値のセットを含む

30

ことを特徴とするシステム。

【請求項 44】

請求項 39 記載のシステムにおいて、

前記少なくともひとつの決定された特徴は、画像強度値、画像テクスチャ値、画像パッチ値、曲率値、又は輝度プロファイル値のうちの少なくともひとつを含む

ことを特徴とするシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

40

[001]

本開示は、一般に、医用画像セグメンテーションに関する。より詳細には、本開示は、解剖学的ランドマークに対して抽出された特徴を使用する学習アルゴリズムに基づく自動医用画像セグメンテーションのためのシステム及び方法に関する。

【背景技術】

【0002】

[002]

画像セグメンテーション技術は、医用画像をセグメント化し、画像内の解剖学的構造間の輪郭を決定するために広く使用されている。例えば、放射線療法では、輪郭形成時間を短縮し、様々な病院にわたって輪郭の精度と一貫性を改善するために、臓器の自動セグメ

50

ント化が通常行われる。しかし、自動化されたセグメンテーションは、癌患者を治療するために使用されるコンピュータトモグラフィ（Computer Tomography：C T）画像又はコーンビームコンピュータ断層撮影（Cone-Beam Computer Tomography：C B C T）画像など、より低い画質を有する医用画像では依然として非常に困難な作業である。例えば、そのようなC T画像又はC B C T画像は、ほとんどの軟組織構造に対してコントラストが低く、テクスチャが少ないことが知られている。したがって、主に画像のコントラストに基づく従来の画像セグメンテーション方法は、背景と、関心のある解剖学的構造（例えば臓器又は腫瘍）との間、又は医用画像内の異なる解剖学的構造間の正確な輪郭を見つけることができないことが多い。

【0003】

10

[0003]

図1は、典型的な前立腺癌患者からの例示的な三次元（3D）C T画像を示す。図1（A）は、患者の膀胱、前立腺及び直腸を含む3Dビューの患者の骨盤領域を示す。図1（B）、（C）及び（D）は、この骨盤領域の3D C T画像からの軸方向、矢状及び冠状のビューである。図1（B）、（C）及び（D）に示すように、患者の前立腺境界の大部分は見えない。すなわち、前立腺を他の解剖学的構造から容易に区別することができず、又は前立腺の輪郭を決定することができない。これと比較して、図1（E）、（F）及び（G）は、同じ三次元（3D）C T画像上で予測される前立腺輪郭を示す。したがって、この例示的な三次元（3D）C T画像をセグメント化するために使用される場合、画像に提示されるコントラスト及びテクスチャだけにに基づく従来の画像セグメンテーション方法は失敗する可能性が高い。

20

【0004】

[0004]

機械学習技術における最近の進展により、より低品質の画像に対する改善された画像セグメンテーションが可能になる。例えば、教師付き学習アルゴリズムは、医用画像の各ピクセル又はボクセルがどの解剖学的構造に属すべきかを予測するために機械又はコンピュータを「訓練」することができる。そのような予測は、通常、ピクセル又はボクセルのフィーチャを入力として使用する。したがって、セグメンテーションのパフォーマンスは、利用可能な機能の種類に大きく依存する。今日まで、ほとんどの学習ベースの画像セグメンテーション方法は、主に画像強度、画像テクスチャなどの局所画像特徴に基づいている。

30

結果として、これらのセグメンテーション方法は、図1に示す三次元（3D）C T画像のような低品質画像に対して依然として最適以下である。

【0005】

[0005]

したがって、放射線療法又は関連分野における医用画像のセグメンテーション性能を改善するために、学習に基づく自動セグメンテーション方法のためのより適切な特徴を設計する必要がある。

【発明の概要】

【0006】

40

[0006]

本開示の特定の実施形態は、医用画像をセグメント化するための方法に関する。この方法は、複数のコンピュータ実行可能命令を実行するプロセッサ装置によって実施することができる。この方法は、メモリから画像を受け取り、画像内の少なくともひとつのランドマークポイントを識別することを含むことができる。この方法は、前記画像内の画像ポイントを選択するステップと、前記少なくともひとつのランドマークポイントに対する前記画像ポイントの少なくともひとつの特徴点を決定するステップを更に含むことができる。この方法は、また、少なくともひとつの決定された特徴に基づいて分類モデルを使用することによって、画像ポイントを解剖学的構造に関連付けることを含むことができる。

【0007】

50

[0 0 7]

本開示の特定の実施形態は、医用画像をセグメント化するための別の方法に関する。この方法は、複数のコンピュータ実行可能命令を実行するプロセッサ装置によって実施することができる。この方法は、メモリ位置から画像を受け取り、画像内の少なくともひとつのランドマークポイントを識別することを含むことができる。この方法は、前記画像内の画像ポイントを選択するステップと、前記少なくともひとつのランドマークポイントに対する前記画像ポイントの少なくともひとつの特徴点を決定するステップを更に含むことができる。この方法は、画像テクスチャ、画像からの画像パッチ、又はそれらの組み合わせのうちの少なくともひとつを抽出するステップを更に含むことができる。この方法は、また、少なくともひとつの決定された特徴と、抽出された画像テクスチャ、抽出された画像パッチ、及びそれらの組み合わせのうちの少なくともひとつに基づく分類モデルを使用することによって、画像ポイントを解剖学的構造に関連付けることを含むことができる。

10

【 0 0 0 8 】

[0 0 8]

本開示の特定の実施形態は、コンピュータ実行可能命令を格納する非一時的なコンピュータ可読媒体に関する。コンピュータによって実行されるとき、コンピュータ実行可能命令は、コンピュータに、医用画像をセグメント化するために使用される分類モデルを訓練するための動作を実行させることができる。コンピュータ実行可能命令は、訓練画像を受け取るための命令を含むことができ、訓練画像は複数の画像ポイントを含み、訓練画像内の各画像ポイントは解剖学的構造に割り当てられる。コンピュータ実行可能命令は、訓練画像内の少なくともひとつのランドマークポイントを識別し、ランドマークポイントに対する訓練画像内の各画像ポイントのひとつ以上の特徴を決定するための命令を更に含むことができる。コンピュータ実行可能命令は、また、分類モデルを訓練するための訓練データとして複数の画像ポイントを使用するための命令を含むことができる。分類モデルは、分類されていない画像ポイントのひとつ又は複数の決定された特徴に基づいて、分類されていない画像ポイントを解剖学的構造に関連付ける。

20

【 0 0 0 9 】

[0 0 9]

本開示の特定の実施形態は、コンピュータ実行可能命令を格納する非一時的なコンピュータ可読記憶媒体に関する。コンピュータ実行可能命令は、コンピュータによって実行されると、分類モデルを使用して医用画像をセグメント化するための動作をコンピュータに実行させることができる。コンピュータ実行可能命令は、メモリ位置から画像を受け取り、画像内の少なくともひとつのランドマークポイントを識別する命令を含むことができる。コンピュータ実行可能命令は、画像内の画像ポイントを選択し、ランドマークポイントに対する画像ポイントの少なくともひとつの特徴を決定するための命令を更に含むことができる。コンピュータ実行可能命令はまた、少なくともひとつの決定された特徴に基づいて、分類モデルを使用することによって、画像ポイントを解剖学的構造に関連付けるための命令を含むことができる。

30

【 0 0 1 0 】

[0 1 0]

本開示の特定の実施形態は、医用画像をセグメント化するために使用される分類モデルを訓練するためのシステムに関する。このシステムは、複数の訓練画像を記憶するように構成されたデータベースを備え、各訓練画像は複数の画像ポイントを含み、各画像ポイントは解剖学的構造に割り当てられる。このシステムは、複数の訓練画像にアクセスするためにデータベースに接続された訓練ユニットを更に備えてもよい。訓練ユニットは、特徴抽出モジュール及び分類器訓練モジュールを含むことができる。特徴抽出モジュールは、データベースから訓練画像を受け取るように構成することができる。訓練画像は複数の画像ポイントを含み、訓練画像内の各画像ポイントには解剖学的構造が割り当てられる。特徴抽出モジュールは、更に、訓練画像内の少なくともひとつのランドマークポイントを含むように構成することができる。特徴抽出モジュールは、また、ランドマークポイントに

40

50

対する訓練画像内の各画像ポイントのひとつ以上の特徴を決定するように構成されてもよい。分類器訓練モジュールは、分類モデルを訓練するための訓練データとして複数の画像ポイントを使用するように構成することができる。分類モデルは、分類されていない画像ポイントのひとつ又は複数の決定された特徴に基づいて、分類されていない画像ポイントを解剖学的構造に関連付ける。

【0011】

[011]

本開示の特定の実施形態は、分類モデルを使用して医用画像をセグメント化するためのシステムに関する。このシステムは、複数の画像を記憶するように構成されたデータベースを含むことができる。このシステムは、複数の画像にアクセスするためにデータベースに接続された分類ユニットを更に備えることができる。分類ユニットは、特徴抽出モジュール及び解剖学的分類モジュールを備えることができる。分類ユニットは、データベースから画像を受け取り、画像内の少なくともひとつのランドマークポイントを識別するように構成されてもよい。分類ユニットは、画像内の画像ポイントを選択し、ランドマークポイントに対する画像ポイントの少なくともひとつの特徴を決定するように更に構成されてもよい。

10

【0012】

[012]

本開示の更なる目的及び利点は、以下の詳細な説明に部分的に記載され、部分的に説明から明らかになり、又は、本開示の実施によって習得することができる。本開示の目的及び利点は、添付の特許請求の範囲において特に指摘された要素及び組合せによって実現され、達成される。

20

【0013】

[013]

前述の一般的な説明及び以下の詳細な説明は例示的で説明的なものに過ぎず、特許請求の範囲に記載された本発明を限定するものではないことを理解されたい。

【図面の簡単な説明】

【0014】

[014]

本明細書の一部を構成する添付の図面は、いくつかの実施形態を示し、詳細な説明と共に、開示される原理を説明する役割を果たす。

30

【0015】

[015]

【図1】図1は、典型的な前立腺癌の患者からの例示的な3次元(3D)コンピュータ断層撮影(CT)画像を示す図である。

【0016】

[016]

【図2】図2は、本開示のいくつかの実施形態による、ランドマーク特徴を使用する学習アルゴリズムに基づいて医用画像をセグメント化するための例示的な画像セグメンテーションシステムを示す図である。

40

【0017】

[017]

【図3】図3は、本開示のいくつかの実施形態による例示的な医用画像処理装置を示す図である。

【0018】

[018]

【図4A】図4Aは、本開示のいくつかの実施形態による、訓練画像から抽出されたランドマーク特徴を使用して解剖学的分類モデルを訓練するための例示的な解剖学的分類器訓練プロセスを示すフローチャートである。

【0019】

50

[0 1 9]

【図 4 B】図 4 B は、本開示のいくつかの実施形態による、訓練画像から抽出されたランドマーク特徴を使用して解剖学的分類モデルを訓練するための例示的な解剖学的分類器訓練プロセスの例示のプロセスを示すフローチャートである。

【 0 0 2 0 】

[0 2 0]

【図 5 A】図 5 A は、本開示のいくつかの実施形態による、図 4 A のプロセスによって得られた解剖学的分類モデルを使用して医用画像内の画像ポイントを分類するための例示的な解剖学的分類プロセスを示すフローチャートである。

【 0 0 2 1 】

[0 2 1]

【図 5 B】図 5 B は、本開示のいくつかの実施形態による、図 4 B のプロセスによって得られた解剖学的分類モデルを使用して医用画像内の画像ポイントを分類するための解剖学的分類プロセスの別の例を示すフローチャートである。

【 0 0 2 2 】

[0 2 2]

【図 6】図 6 は、本開示のいくつかの実施形態による、3次元（3D）医用画像の様々な異なる解剖学的構造及びその対応する軸方向、矢状及び冠状のビューにおける例示的なランドマークポイントを示す図である。

【 0 0 2 3 】

[0 2 3]

【図 7】図 7 は、本開示のいくつかの実施形態による、2つのランドマークポイントに対する画像ボクセルのランドマーク特徴を示す図である。

【 0 0 2 4 】

[0 2 4]

【図 8】図 8 は、本開示のいくつかの実施形態による、図 1 に示される3次元（3D）CT画像のセグメンテーション結果を示す図である。

【 0 0 2 5 】

[0 2 5]

【図 9】図 9 は、本開示のいくつかの実施形態による、セグメンテーション結果の例示的な更なるアプリケーションを示すフローチャートである。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 2 6 】

[0 2 6]

開示された原理の例及び特徴が本明細書に記載されているが、開示された実施形態の精神及び範囲から逸脱することなく、修正、適合及び他の実施が可能である。また、「備える（comprising）」、「有する（having）」、「含む（containing）」及び「含む（including）」という言葉及び他の同様の表現は、意味が等価であることを意図された、オープンエンドとして解釈され、これらの単語のいずれかに続くひとつの構成要素又は複数の構成要素は完全なリストを意味するものではなく、リストされたひとつの構成要素又は複数の構成要素のみに限定されることを意味するものではない。単数形「a」、「an」及び「the」は、文脈上明確に指示されない限り、複数であることを含むことが意図している。

【 0 0 2 7 】

[0 2 7]

本開示と一致するシステム及び方法は、ランドマーク特徴に基づく学習アルゴリズムを使用して医用画像をセグメント化することに関する。本明細書で使用する「学習アルゴリズム」は、既存の情報又は知識に基づいてモデル又はパターンを学習することができる任意のアルゴリズムを指す。例えば、学習アルゴリズムは、機械学習アルゴリズム又は任意の他の適切な学習アルゴリズムであってもよい。いくつかの実施形態では、サポートベク

10

20

30

40

50

ターマシン (Support Vector Machine: SVM)、AdaBoost/Logitboost、ランダムフォレスト (Random Forest)、及び、ニューラルネットワーク (Neural Network) などの監視学習アルゴリズムを使用することができる。いくつかの他の実施形態では、半教師付き学習アルゴリズム (semi-supervised learning algorithms) を使用することもできる。

【0028】

[028]

教師付き学習 (supervised learning) は、学習データのセットが与えられた予測モデルを推論する機械学習の一分野である。訓練データの各個々のサンプルは、データベクトル (一連の測定値など) と所望の出力値とを含むペアである。監視学習アルゴリズムは、訓練データを分析し、予測関数を生成する。予測関数は、異なるグループを識別するラベルのリストのように、出力が離散的である場合、分類器又は分類モデルと呼ばれる。一旦訓練によって導出された予測機能は、任意の有効な入力オブジェクトに対する正しい出力値を予測することができる。

10

【0029】

[029]

開示された実施形態と一致して、画像セグメンテーションは、医用画像の各画像ポイントを解剖学的構造のひとつに分類する学習ベースの分類関数として定式化することができる。本明細書で使用する「画像ポイント (image point)」は、基礎をなすオブジェクト内の物理的な点に対応するデジタル画像内の画像要素を指す。例えば、画像ポイントは、2D画像内のピクセル又は3次元 (3D) 画像内のボクセルである。

20

【0030】

[030]

開示された実施形態と一致して、画像セグメンテーションは、画像ポイントではなく画像ブロックを分類することもできる。本明細書で使用する「画像ブロック (image block)」は、一緒に分類される画像ポイントのグループである。例えば、画像ブロックは、2D画像内のスーパーピクセル (super-pixel)、又は3次元 (3D) 画像内のスーパーボクセル (super-voxel) であってもよい。画像ブロック内の画像ポイントが同じ解剖学的構造に属することが分かっている場合、画像ブロックに基づいて分類の方がより効率的で正確である可能性がある。したがって、用語「画像ポイント (image point)」が本開示を通じて使用されるときはいつでも、それは、上記で定義されるような基本的な「画像ポイント (image point)」及び「画像ブロック (image block)」の両方をカバーすることを意図する。

30

【0031】

[031]

開示されたセグメンテーション方法は、一般に、2つのステージ、すなわち、解剖学的分類モデルを「訓練」又は「学習」する訓練ステージと、解剖学的分類モデルを使用して各画像ポイントが属する解剖学的構造を予測する分類ステージとを含む。

【0032】

[032]

開示された実施形態と一致して、訓練プロセスは、解剖学的分類モデルを学習するために一連の訓練画像を使用する。本明細書で使用する「訓練画像」は、画像ポイントが既に分類され、ラベル付けされている画像である。例えば、訓練画像は予めセグメント化されている。したがって、訓練画像内の画像ポイントは、既知の解剖学的構造に関連付けられる。

40

【0033】

[033]

開示された実施形態と一致して、訓練プロセスは、各訓練画像上のランドマークポイントを識別し、これらのランドマークポイントに基づいて訓練画像内の各画像ポイントのランドマーク特徴を決定する。本明細書で使用する「ランドマークポイント (landmark poi

50

nt)」は、既知の解剖学的ランドマークに対応する訓練画像内の基準点である。したがって、「ランドマーク特徴 (landmark feature)」は、画像ポイントに関連する特徴であり、画像ポイントとランドマークポイントとの間の関係を反映する。いくつかの実施形態では、ランドマーク特徴は、画像ポイントとランドマークポイントとの間の相対的な位置又は幾何学的形状を示す。ランドマーク特徴の例は、(1) 画像ポイントとランドマークポイントとの間の相対距離、(2) ランドマークポイントを有する画像ポイントに基づいて形成された変位ベクトルの方向及び／又は成分値、(3) 画像ポイント及び複数のランドマークポイントによって形成される形状から計算され得る角度、面積、体積、又は他の幾何学的尺度、(4) 画像ポイントと各ランドマークポイントとの間の相対的な輝度値、(5) 角度の正弦／余弦又は距離値の平方根又は平方根など、上記の尺度に基づいて導出された値、である。

10

【0034】

[034]

開示された実施形態と一致して、訓練プロセスは、訓練データベクトルとしての各画像ポイントのランドマーク特徴と、対応する画像ポイントの既知の解剖学的ラベルを所望の出力として使用し、監視学習アルゴリズムを適用する。以下でより詳細に説明するプロセスを用いて適切に訓練されると、このようなアルゴリズムは解剖学的分類器の一部として使用することができる。

【0035】

[035]

開示された実施形態と一致して、分類モジュールは、訓練された分類器を使用して、セグメント化されていない医用画像内の画像ポイントの解剖学的構造に関する予測を行う。機械学習の文脈では、分類は、画像ポイントが最も有望な解剖学的構造の予測に過ぎない。言い換えれば、分類モジュールは、特定の画像ポイントが各解剖学的構造に属する確率を決定し、次いで画像ポイントが最も高い確率に関連する解剖学的構造に属するべきであると予測する。

20

【0036】

[036]

開示された実施形態と一致して、分類モジュールはまた、セグメント化される医用画像上のランドマークポイントを識別し、これらのランドマークポイントに基づいて画像内の各画像ポイントのランドマーク特徴を決定する。ランドマークポイントは、一般に、訓練画像上で識別されたものと同じ位置にある。同様に、決定されたランドマーク特徴は、一般に、訓練プロセス中に決定されたものと同じタイプである。ランドマーク特徴は、訓練された分類器に提供され、各画像ポイントの解剖学的構造ラベルの予測を生成する。医用画像内のすべての画像ポイントが適切にラベル付けされると、画像はセグメント化される。

30

【0037】

[037]

開示された実施形態と一致して、訓練モジュール及び分類モジュールは、ランドマークベースではない画像特徴を決定及び使用することもできる。本明細書で使用される場合、「画像特徴」は画像ポイントに関連付けられ、関連する画像ポイントのローカル特性又はコンテキスト特徴を反映する。画像特徴の例には、画像強度、画像テクスチャ、画像パッチ、輝度プロファイルの曲率などが含まれるが、これらに限定されない。開示された訓練モジュールおよび分類モジュールは、ランドマーク特徴と組み合わせて、ひとつまたは複数の画像特徴を使用することができる。

40

【0038】

[038]

開示された画像セグメンテーションシステムおよび方法は、任意のタイプの撮像モダリティから得られた医用画像に適用することができる。医用画像としては、X線、CT、CBCT、螺旋CT、磁気共鳴イメージング(MRI)、超音波(US)、陽電子放射断層

50

撮影法（PET）、単一光子放出コンピュータ断層撮影法（SPECT）及び光学画像を含むが、これに限定されない。更に、開示された画像セグメンテーションシステム及び方法は、2次元（2D）画像及び3次元（3D）画像の両方をセグメント化するように適合させることができる。2次元（2D）画像をセグメント化する場合、ランドマークポイントは2次元（2D）平面内で識別され、関連ランドマーク特徴も2次元（2D）で計算される。

【0039】

[039]

以下、添付図面を参照して例示的な実施形態を説明する。図面において、参照番号の最も左の桁は、参照番号が最初に現れる図を識別する。便宜上、同一又は類似の部分を目指すために図面全体にわたって同じ参照番号が使用される。

10

【0040】

[040]

図1は以前に紹介された。図2は、本開示のいくつかの実施形態による、ランドマーク特徴を使用する学習アルゴリズムに基づいて医用画像をセグメント化する例示的な画像セグメンテーションシステム100を示す。画像セグメンテーションシステム100は、訓練画像データベース101、解剖学的分類器訓練ユニット102、解剖学的分類ユニット103、医用画像データベース104、及びネットワーク105を含むことができる。いくつかの実施形態では、画像セグメンテーションシステム100は、図2に示す構成要素より多く又は少なく含むことができる。例えば、解剖学的分類器が予め訓練されて提供されている場合、画像セグメンテーションシステム100は、解剖学的分類ユニット103、医用画像データベース104のみを含むことができ、任意にネットワーク105を含むことができる。

20

【0041】

[041]

いくつかの実施形態では、画像セグメンテーションシステム100の様々な構成要素は、互いに遠隔に位置し、ネットワーク105を介して接続されてもよい。いくつかの他の実施形態では、画像セグメンテーションシステム100の特定の構成要素は、同じサイト又はひとつの装置内に配置されてもよい。例えば、訓練画像データベース101は、解剖学的分類器訓練ユニット102を備えた現場に位置してもよく、又は、解剖学的分類器訓練ユニット102の一部であってもよい。他の例として、解剖学的分類器訓練ユニット102及び解剖学的分類ユニット103は、同じコンピュータ又は同じ処理装置内であってもよい。

30

【0042】

[042]

図2に示すように、解剖学的分類器訓練ユニット102は、訓練画像データベース101と通信して、ひとつ又はそれ以上の訓練画像を受け取ることができる。訓練画像データベース102に記憶された訓練画像は、以前の放射線療法治療セッションの画像を含む医用画像データベースから取得することができる。訓練画像は予めセグメント化されている。すなわち、訓練画像内の各画像ポイント（ピクセル又はボクセル）は、訓練画像に含まれる背景又は既知の解剖学的構造のいずれかに関連付けられる。開示される実施形態と一致して、訓練画像は、MRI画像、3次元（3D）MRI、2次元（2D）ストリーミングMRI、4次元（4D）容積MRI、CT画像、CBCCT画像、螺旋CT画像、PET画像、機能的MRI画像（例えば、fMRI、DCE-MRI、拡散MRI）、X線画像、透視画像、超音波画像、放射線治療ポータル画像、SPECT画像、などが含まれてもよい。いくつかの実施形態では、訓練データは、腫瘍情報システム（Oncology Information System）から収集されてもよい。

40

【0043】

[043]

解剖学的分類器訓練ユニット102は、学習アルゴリズムを使用して解剖学的分類器を

50

生成するために、訓練画像データベース102から受け取った訓練画像を使用することができる。図2に示すように、解剖学的分類器訓練ユニット102は、ランドマーク特徴抽出モジュール121およびランドマーク特徴ベース訓練モジュール122を含むことができる。解剖学的分類器訓練ユニット102は、訓練画像データベース101、ネットワーク105、およびユーザ112と通信するための入力および出力インタフェース（図示せず）を更に含むことができる。いくつかの実施形態と一致して、解剖学的分類器訓練ユニット102は、解剖学的分類器訓練プロセス（例えば、図4A及び図4Bに開示されているような解剖学的分類器訓練プロセス）を実行するソフトウェアによって特別にプログラムされたハードウェア（例えば、図3に開示されるようなハードウェア）で実装することができる。

10

【0044】**[044]**

ランドマーク特徴抽出モジュール121は、受け取られた各訓練画像上のひとつ以上のランドマークポイントを識別してもよい。いくつかの実施形態では、ランドマーク特徴抽出モジュール102によって、例えば、様々な解剖学的構造に関する画像セグメンテーション及び事前知識に基づいて、ランドマークポイントを自動的に検出することができる。例えば、ユーザ112は、ランドマークポイントの位置を入力するために画像ディスプレイ（図示せず）によって表示された訓練画像をクリックすることができ、又は、ユーザ112は、ユーザ112が選択することができる所定のパターン、マップ、又はランドマークポイントの構成を含む。開示された実施形態と一致して、ランドマークポイントは、様々な解剖学的構造の解剖学的ランドマークであってもよい。

20

【0045】**[045]**

ランドマーク特徴抽出モジュール121は、ランドマークポイントとは異なる画像ポイントを更に選択することができる。画像ポイントは、訓練画像内でランダムに選択することができる。すなわち、選択された画像ポイントは、例えば、ランドマークポイントと同じ解剖学的構造のいずれか、又は、異なる解剖学的構造のいずれかに、訓練画像内のどこにでも存在することができる。次に、ランドマーク特徴抽出モジュール102は、選択された各画像ポイントについて、選択された画像ポイントと各ランドマークポイントとの間の関係に基づいて、ひとつ又はそれ以上のランドマーク特徴を決定して導出することができる。この特徴抽出プロセスは、訓練画像内のすべての画像ポイントが選択されて処理されるまで、訓練画像内の選択された画像ポイントのセットに対して繰り返される。参照として機能する解剖学的ランドマークポイントの集合を明示的に定義することによって、各画像ポイントは高レベルの位置及び幾何情報で符号化されるようになる。学習画像内の全ての関連する画像ポイントについてランドマーク特徴が決定されると、ランドマーク特徴は、ランドマーク特徴ベース訓練モジュール122に提供される。

30

【0046】**[046]**

ランドマーク特徴ベース訓練モジュール122は、分類器を訓練するために、選択された画像ポイントを訓練データとして使用することができる。いくつかの実施形態では、訓練は、教師付き機械学習アルゴリズムなどの学習アルゴリズムに基づいてもよい。例えば、サポートベクターマシン（Support Vector Machine：SVM）、AdaBoost/LogitBoost、ランダムフォレスト（Random Forest）、及び、ニューラルネットワーク（Neural Network）などの監視学習アルゴリズムを使用することができる。分類器は、訓練画像内の特定の画像ポイントのランドマーク特徴がモデルに入力されると、画像ポイントの所定の解剖学的構造に一致する解剖学的構造の予測を出力するように訓練される。多数の訓練画像から多数の画像ポイントを使用して訓練された後、分類器は、任意の新しい画像における分類されていない画像ポイントの解剖学的構造を予測するのに十分に賢くなる。

40

【0047】

50

[0 4 7]

解剖学的分類ユニット 1 0 3 は、解剖学的分類器訓練ユニット 1 0 2 から訓練された解剖学的分類器を受け取ることができる。図 2 に示すように、解剖学的分類ユニット 1 0 3 は、ランドマーク特徴抽出モジュール 1 3 1 及び解剖学的構造分類モジュール 1 3 2 を含むことができる。解剖学的分類ユニット 1 0 3 は、訓練画像データベース 1 0 4、ネットワーク 1 0 5 及びユーザ 1 1 3 と通信するための入力及び出力インタフェース（図示せず）を追加で含むことができる。いくつかの実施形態と一致して、解剖学的分類ユニット 1 0 3 は、解剖学的分類器訓練プロセス（例えば、図 5 A 及び図 5 B に開示されるような解剖学的分類器訓練プロセス）を実行するソフトウェアによって特別にプログラムされたハードウェア（例えば、図 3 に開示されるようなハードウェア）を実装することができる。

10

【 0 0 4 8 】

[0 4 8]

解剖学的分類ユニット 1 0 3 は、医用画像データベース 1 0 4 と通信して、ひとつ以上の医用画像を受け取ることができる。医用画像データベース 1 0 3 に格納された医用画像は、放射線治療セッションの画像を含む医用画像データベースから取得することができる。これらの医用画像は、典型的には、まだセグメント化されていない。開示された実施形態と一致して、医用画像は、MRI、機能的 MRI、CT、CBCT、螺旋 CT、PET、SPECT、X 線、蛍光透視画像、超音波及び放射線療法ポータル画像などを含む様々な画像化モダリティを使用して取得することができる。いくつかの実施形態では、医用画像データベース 1 0 4 は、解剖学的分類ユニット 1 0 3 の統合部分であってもよいし、放射線治療室のような解剖学的分類ユニット 1 0 3 の同じ部位に位置していてもよい。

20

【 0 0 4 9 】

[0 4 9]

ランドマーク特徴抽出モジュール 1 3 1 は、ランドマーク特徴抽出モジュール 1 2 1 と同様のハードウェア及びソフトウェア構造を有することができる。ランドマーク特徴抽出モジュール 1 3 1 は、医用画像データベース 1 0 5 から受け取った各医用画像上のひとつ又は複数のランドマークポイントを識別する。医用画像は、訓練画像上で識別されたものと一致する。再び、ランドマークポイントは、ユーザ 1 1 3 によって選択されるか、又はランドマーク特徴抽出モジュール 1 3 1 によって自動的に識別される。

【 0 0 5 0 】

[0 5 0]

ランドマーク特徴抽出モジュール 1 3 1 は、更に、医用画像内のランドマークポイントとは異なる画像ポイントを選択し、選択された画像ポイントとランドマークポイントとの間の関係に基づいてひとつ又はそれ以上のランドマーク特徴を決定することができる。特徴抽出プロセスは、医用画像内の全ての画像ポイントが選択されて処理されるまで、医用画像内の選択された画像ポイントのセットに対して繰り返される。決定されたランドマーク特徴は、解剖学的構造分類モジュール 1 3 2 に提供されてもよい。

30

【 0 0 5 1 】

[0 5 1]

解剖学的構造分類モジュール 1 3 2 は、解剖学的分類器訓練ユニット 1 0 2 から受け取った訓練された解剖学的分類器と、ランドマーク特徴抽出モジュール 1 3 2 から受け取ったランドマーク特徴を使用して、それぞれの画像ポイントの解剖学的構造を予測することができる。全ての選択された画像ポイントが分類されると、解剖学的構造分類モジュール 1 3 2 は、セグメント化された画像を出力することができる。いくつかの実施形態では、セグメント化された画像は、ユーザ 1 1 3 に表示されてもよく、又は、更なる治療用途のために医用画像データベース 1 0 4 に格納されてもよい。いくつかの実施形態では、セグメント化された画像は、訓練画像データベース 1 0 1 に自動的に格納され、訓練画像になることができる。

40

【 0 0 5 2 】

[0 5 2]

50

ネットワーク 105 は、画像セグメンテーションシステム 100 内の上記の構成要素のいずれかの間の接続を提供することができる。例えば、ネットワーク 105 は、ローカルエリアネットワーク（LAN）、無線ネットワーク、クラウドコンピューティング環境（例えば、サービスとしてのソフトウェア、サービスとしてのプラットフォーム、サービスとしてのインフラストラクチャ）、クライアントーサーバ、ワイドエリアネットワーク（WAN）などを含む。

【0053】

[053]

図 3 は、本開示のいくつかの実施形態による例示的な医用画像処理装置 200 を示す。医用画像処理装置 200 は、解剖学的分類器訓練ユニット 102 又は解剖学的分類ユニット 103 のいずれかの実施形態、又はその 2 つの組み合わせであってもよい。当業者には理解されるように、いくつかの実施形態では、医用画像処理装置 200 は、専用コンピュータ又は汎用コンピュータであってもよい。例えば、医用画像処理装置 200 は、病院が画像取得及び画像処理タスクを処理するために構築されたカスタムコンピュータであってもよい。

10

【0054】

[054]

図 3 に示すように、医用画像処理装置 110 は、画像プロセッサ 221 と、メモリ 222 と、医用画像データベース 225 と、画像データ記憶部 226 と、入力／出力部 227 と、ネットワークインタフェース 228 と、画像ディスプレイ 229 とを備える。

20

【0055】

[055]

画像プロセッサ 221 は、マイクロプロセッサ、中央処理装置（CPU）、グラフィック処理装置（GPU）などのようなひとつ以上の汎用処理装置を含む処理装置であってもよい。より具体的には、画像プロセッサ 221 は、複合命令セット演算（CISC）マイクロプロセッサ、縮小命令セット演算（RISC）マイクロプロセッサ、超長命令ワード（VLIW）マイクロプロセッサ、他の命令セットを実装するプロセッサ、又は、命令セットの組み合わせを実装するプロセッサであってもよい。画像プロセッサ 221 は、また、特定用途向け集積回路（ASIC）、フィールドプログラマブルゲートアレイ（FPGA）、デジタル信号プロセッサ（DSP）、システムオンチップ（SOC）などのひとつ又はそれ以上の専用処理デバイスであってもよい。

30

【0056】

[056]

画像プロセッサ 221 は、メモリ 222 に通信可能に接続され、そこに格納されたコンピュータ実行可能命令を実行するように構成されてもよい。メモリ 222 は、読み出し専用メモリ（ROM）、フラッシュメモリ、ランダムアクセスメモリ（RAM）、静的メモリなどを含むことができる。いくつかの実施形態では、メモリ 222 は、ひとつ又は複数の画像処理コンピュータプログラムを実行する間に使用又は生成されるデータ、例えば医用画像データ 224 を含む。プロセッサ 221 は、画像処理プログラム 223 を実行して、解剖学的分類器訓練ユニット 102 及び／又は解剖学的分類ユニット 103 の機能を実装することができる。例えば、プロセッサ 221 は、メモリ 222 に記憶された訓練画像データ又は医用画像データを受け取ることができる。プロセッサ 221 は、また、ランドマークポイント及びランドマーク特徴などの中間データを生成し、それらをメモリ 222 に送信してもよい。

40

【0057】

[057]

医用画像処理装置 200 は、任意に、訓練画像データベース 101 及び医用画像データベース 104 の一方又は両方を含む医用画像データベース 225 を含むことができる。当業者であれば、医用画像データベース 225 が、中央又は分散方式で配置された複数のデバイスを有することを認識する。プロセッサ 221 は、医用画像データベース 225 と通

50

信して、画像をメモリ 222 に読み出したり、メモリ 222 からセグメント化された画像を医用画像データ 225 に格納したりすることができる。

【0058】

[058]

画像データ記憶装置 226 は、画像プロセッサ 221 によって実行される画像処理タスクに関連するデータを記憶するために利用可能な追加の記憶装置であってもよい。いくつかの実施形態では、画像データ記憶装置 226 は機械可読記憶媒体を含むことができる。一実施形態では、機械可読記憶媒体は単一の媒体であってもよいが、「機械可読記憶媒体」という用語は、ひとつ又はそれ以上のセットのコンピュータ実行可能な命令又はデータを格納する、単一の媒体又は複数の媒体（例えば、集中型又は分散型のデータベース、及び／又は関連するキャッシュとサーバ）を含むと解釈されるべきである。「機械可読記憶媒体」という用語は、機械による実行のための一連の命令を記憶又は符号化することができ、機械に現在の方法論のひとつ又は複数の方法論を実行させる任意の媒体も含むと解釈されるべきである。したがって、「機械可読記憶媒体」という用語は、これに限定されるものではないが、固体メモリ、光学媒体及び磁気媒体を含むと解釈されるべきである。

10

【0059】

[059]

入力／出力部 227 は、医用画像処理装置 200 によってデータが受信及び／又は送信されるように構成されてもよい。入力／出力部 227 は、医用画像処理装置 200 がユーザや他のマシンやデバイスと通信することを可能にするひとつ又はそれ以上のデジタル及び／又はアナログ通信デバイスを含んでもよい。例えば、入力／出力部 227 は、ユーザ 112 又はユーザ 113 が入力するためのキーボード及びマウスを含むことができる。

20

【0060】

[060]

ネットワークインタフェース 228 は、ネットワークアダプタ、ケーブルコネクタ、シリアルコネクタ、USB コネクタ、パラレルコネクタや、ファイバ、USB 3.0、サンダーボルトなどの高速データ伝送アダプタ、無線 WiFi アダプタ、電気通信（3G、4G/LTE など）アダプタなどのネットワークアダプタを含むことができる。医用画像処理装置 200 は、ネットワークインタフェース 228 を介してネットワーク 105 に接続されてもよい。画像ディスプレイ 229 は、医用画像を表示するのに適した任意の表示装置であってもよい。例えば、画像ディスプレイ 229 は、LCD、CRT、又は LED ディスプレイであってもよい。

30

【0061】

[061]

図 4A は、本開示のいくつかの実施形態による、訓練画像から抽出されたランドマーク特徴を使用して解剖学的分類モデルを訓練するための例示的な解剖学的分類器訓練プロセス 400A を示すフローチャートである。いくつかの実施形態では、解剖学的分類器訓練プロセス 400A は、解剖学的分類器訓練ユニット 102 により実行されてもよい。

【0062】

[062]

プロセス 400A は、解剖学的分類器訓練ユニット 102 が訓練画像データベース 101 から関心領域の訓練画像を受け取ると開始することができる（ステップ 410）。例えば、訓練画像は、患者の骨盤領域、頭部領域、心臓領域、肝臓領域、又は別の解剖学的領域を示すことができる。いくつかの実施形態では、訓練画像は、セグメント化される医用画像と同じ又は類似の関心領域であってもよい。

40

【0063】

[063]

ステップ 420 において、ランドマーク特徴抽出モジュール 121 は、訓練画像内の少なくともひとつのランドマークポイントを識別することができる。例示的な実施形態では、ランドマーク特徴抽出モジュール 121 は、すべての訓練画像にわたってランドマーク

50

ポイントの同じセットを定義又は配置するので、選択されたランドマークポイントが強い又は異なる画像特性を有することが好ましい。例えば、ランドマークポイントは、人体の独特の又は別個の解剖学的位置に対応してもよく、又は別個の画像外観を有してもよい。

【0064】

[064]

これらのランドマークポイントは、ユーザ112によって手作業で選択され、ランドマーク特徴抽出モジュール121に提供されるか、又は、ランドマーク特徴抽出モジュール121によって自動的に検出される。いくつかの実施形態において、自動検出は、例えば、同一の解剖学的領域の所定のランドマークマップを含む。例えば、所定のランドマークマップは、特定の解剖学的領域に対する様々なランドマークポイントの特定のマッピング又は間隔を定義することができる。ユーザ112が、患者の特定の解剖学的領域を示す医用画像を処理している場合、ユーザ112は、その解剖学的領域に対応する所定のランドマークマップを選択することができる。選択されると、所定のマップによって規定されるランドマークポイントがモジュール121に提供される。訓練画像が3次元(3D)画像である場合、ランドマークポイントはボクセルであり、訓練画像が2D画像である場合、ランドマークポイントはピクセルである。

10

【0065】

[065]

例えば、図6は、本開示のいくつかの実施形態による、3次元(3D)医用画像(A)及びその対応する軸方向、矢状及び冠状の画像(B)－(J)の様々な異なる解剖学的構造における例示的なランドマークポイント610－630を示す。図6に示すように、ランドマークポイント610は膀胱の中心付近に位置し、ランドマークポイント620は膀胱と前立腺の境界上に位置し、ランドマークポイント630は前立腺の中心付近に位置する。画像(B)、(C)及び(D)は、ランドマークポイント610を示す軸方向、矢状及び冠状のビューである。画像(E)、(F)及び(G)は、ランドマークポイント620を示す軸方向、矢状及び冠状のビューである。画像(H)、(I)及び(J)は、ランドマークポイント630を示す軸方向、矢状及び冠状のビューである。

20

【0066】

[066]

当業者であれば、ランドマークポイントは、図2に示される例示的な位置に限定されないことを理解するであろう。むしろ、訓練画像の任意の位置で選択することができる。また、ランドマークポイントは、骨盤領域に限定されない。それらは、頭部及び頸部、肺、肝臓又は女性の骨盤のような人体の任意の領域に位置することができる。

30

【0067】

[067]

図4Aに戻り、ステップ430において、ランドマーク特徴抽出モジュール121は、各画像ポイントが既知の解剖学的構造と事前に関連付けられている訓練画像内の画像ポイントのセットを識別する。このように識別された画像ポイントは、訓練画像内に存在する背景及び各解剖学的構造の代表的な画像ポイントを含むことができる。

【0068】

[068]

ステップ440において、ランドマーク特徴抽出モジュール121は、少なくともひとつのランドマークポイントに対する画像ポイントの少なくともひとつのランドマーク特徴を決定することができる。いくつかの実施形態では、ランドマーク特徴は、ランドマークポイントに対する相対位置及び幾何学的形状に基づいて、各画像ポイントについて計算することができる。その結果、ひとつのランドマークポイントに対する特定の画像ポイントに対して1組のランドマーク特徴点が決定される。ステップ420で複数のランドマークポイントが識別されると、複数のセットのランドマーク特徴を特定の画像ポイントに関連付けることができる。

40

【0069】

50

[0 6 9]

例えば、図 7 は、本開示のいくつかの実施形態による、2つのランドマークポイント 710、720 に対する画像ボクセル 730 のランドマーク特徴を示す。図 7 に示すように、ランドマークポイント 710 は、膀胱の中心付近に位置し、ランドマークポイント 720 は、膀胱と前立腺の境界上に位置する。画像ボクセル 730 は、前立腺領域に位置する。

【 0 0 7 0 】

[0 7 0]

図 7 は、3次元（3D）デカルト座標におけるランドマークポイント 710、720 及び画像ボクセル 730 を更に示す。ランドマークポイント 710 の座標は（a、b、c）であり、ランドマークポイント 720 の座標は（d、e、f）であり、画像ボクセル 730 の座標は（r、s、t）である。この図では、画像ボクセル 730 のランドマーク特徴は、画像ボクセル 730 と、ランドマークポイント 710 及び 720 のそれぞれとの間の位置又は幾何学的関係に基づいている。

【 0 0 7 1 】

[0 7 1]

いくつかの実施形態では、ランドマーク特徴は、画像ポイントとランドマークポイントとの間の相対距離を含むことができる。

【 0 0 7 2 】

例えば、画像ポイント 730 とランドマークポイント 710 との間の相対距離は、

【 0 0 7 3 】

【数 1】

$$\sqrt[2]{(a-r)^2 + (b-s)^2 + (c-t)^2}$$

【 0 0 7 4 】

であり、画像ポイント 730 とランドマークポイント 720 との間の相対距離は、

【 0 0 7 5 】

【数 2】

$$\sqrt[2]{(d-r)^2 + (e-s)^2 + (f-t)^2}$$

【 0 0 7 6 】

である。

【 0 0 7 7 】

[0 7 2]

いくつかの実施形態では、ランドマーク特徴は、画像ポイントをランドマークポイントに接続することによって、又は、それによって形成された変位ベクトルの方向及び／又は成分値も含むことができる。例えば、図 7 は、画像ボクセル 730 から、2つのランドマークポイント 710、720 のそれぞれへ向かう、それらの間の変位ベクトルのそれぞれの方向を示す矢印を示す。そのようなベクトルの成分値は、画像ボクセル 730 に関連するランドマーク特徴を形成するために計算することもできる。

【 0 0 7 8 】

[0 7 3]

いくつかの実施形態では、ランドマーク特徴は、画像ポイント及び複数のランドマークポイントによって形成される形状から計算され得る角度、面積、体積、又は他の幾何学的

10

20

30

40

50

尺度を含むことができる。例えば、ランドマークポイント 710、720、及び画像ボクセル 730 は三角形を形成し、3つの角度及び三角形の面積を計算して画像ボクセル 730 に関連するランドマーク特徴を定義することができる。

【0079】

[074]

いくつかの更なる実施形態では、ランドマーク特徴は、画像ポイントと各ランドマークポイントとの間の相対的な輝度値も含む。更に、ランドマーク特徴抽出モジュール 121 は、角度の正弦又は余弦又は距離値の平方根又は平方根などの上記測定値のひとつ又は複数に基づいて任意の値を更に導出し、画像ボクセル 730 と関連するランドマーク特徴としてこれらの導関数値を用いる。

【0080】

[075]

図 4A に戻り、ステップ 440 は、ステップ 430 で識別されたセット内のすべての画像ポイントに対して実行される。ステップ 450 において、ランドマーク特徴抽出モジュール 121 は、セット内の全ての画像ポイントが処理されたかどうかを判定し、そうであれば（ステップ 450：Yes）、ステップ 460 に進む。そうでなければ（ステップ 460：No）、次の画像ポイントを処理するためにステップ 440 が繰り返される。

【0081】

[076]

ステップ 460 において、ランドマーク特徴ベース訓練モジュール 122 は、ステップ 440 で決定されたランドマーク特徴及びこれらの画像ポイントに予め割り当てられた解剖学的構造に基づいて、学習アルゴリズムを適用して解剖学的分類モデルを生成する。いくつかの実施形態では、ランドマーク特徴抽出モジュール 121 は、分類モデルを訓練するためにサポートベクトルマシン（SVM）を適用することができる。SVM 訓練アルゴリズムは、複数のカテゴリのひとつに入力を割り当てるモデルを構築する。SVM モデルは、空間内の点としてのサンプルの表現であり、別々のカテゴリのサンプルが空間内の別々のグループにセグメント化されるようにマッピングされる。すなわち、SVM モデルは、ランドマークの特徴を様々な解剖学的構造に対応する高次元の空間に写像することができる。訓練データはマッピングを精緻化するので、訓練を受けた後、SVM モデルは新しい入力（未分類の画像ポイントのランドマーク特徴）を同じスペースにマッピングし、画像ポイントがどの解剖構造に属しているかを予測できる。

【0082】

[077]

ステップ 470 において、訓練された解剖学的分類モデルは、解剖学的分類器学習ユニット 102 によって出力され、解剖学的分類ユニット 103 に提供される。プロセス 400A は、ステップ 470 の後に終了する。

【0083】

[078]

図 4B は、本開示のいくつかの実施形態による、訓練画像から抽出されたランドマーク特徴を用いて解剖学的分類モデルを訓練するための別の例示的な解剖学的分類器訓練プロセス 400B を示すフローチャートである。解剖学的分類器訓練プロセス 400B は、追加のステップ 442 及び修正されたステップ 460 を除いて、プロセス 400A と同様である。従って、ステップ 410 - 440、450、470 は再度説明しない。

【0084】

[079]

ステップ 440 で決定されたランドマーク特徴に加えて、ステップ 442 において、ランドマーク特徴抽出モジュール 121 は、画像ポイントの少なくともひとつの画像特徴を更に決定することができる。上述したように、画像特徴は、画像ポイントのローカル特性又はコンテキスト特徴を反映することができる。いくつかの実施形態では、画像特徴は、画像強度、画像テクスチャ、ひとつ又は複数の画像パッチ、強度プロファイルの曲率、及

10

20

30

40

50

び上記の任意の組み合わせ又は派生物を含んでもよいが、これらに限定されるものではない。ステップ460において、ランドマーク特徴ベース訓練モジュール122は、ランドマーク特徴と画像特徴の両方を用いて、解剖学的分類モデルを訓練することができる。ランドマーク特徴と画像特徴との組み合わせは、画像セグメンテーションの精度を改善することができる。

【0085】

[080]

図5Aは、本開示のいくつかの実施形態による図4Aのプロセスによって得られた解剖学的分類モデルを使用して医用画像内の画像ポイントを分類するための例示的な解剖学的分類プロセス500Aを示すフローチャートである。

10

【0086】

[081]

解剖学的分類プロセス500Aは、解剖学的分類ユニット103が、例えば、解剖学的分類器訓練ユニット102から解剖学的分類モデルを受け取ると開始することができる（ステップ510）。ステップ520において、解剖学的分類ユニット103は更に医用画像データベース104から医用画像を受け取る。ステップ530において、ランドマーク特徴抽出モジュール131は、図4A及び図4Bのステップ420において実行されるものと同様に、医用画像内の少なくともひとつのランドマークポイントを識別することができる。ステップ530において、これらのランドマークポイントは、好ましくは、ランドマーク特徴抽出モジュール121によって識別されるが、ユーザ112によって手動で識別又は決定されてもよい。医用画像で特定されるランドマークポイントは、プロセス400A及び400Bの間に訓練画像で識別されたものと概ね同じである。

20

【0087】

[082]

ステップ540において、ランドマーク特徴抽出モジュール131は、医用画像内の画像ポイントのセットを選択することができる。いくつかの実施形態では、これらの画像ポイントは、任意の解剖学的構造にまだ関連付けられていないものであってもよい。プロセス400A及び400Bのステップ430で選択された画像ポイントの同じセットを選択する必要はない。

【0088】

[083]

ステップ550において、ランドマーク特徴抽出モジュール131は、ステップ540で選択された画像ポイントに対して、少なくともひとつのランドマークポイントに対する選択された画像ポイントのための少なくともひとつのランドマーク特徴を決定することができる。ステップ550は、プロセス400A及び400Bのステップ440と同様に実行することができる。ステップ550で決定されたランドマーク特徴のタイプは、一般に、プロセス400A及び400Bのステップ440で決定されたものと同じである。

30

【0089】

[084]

ステップ560において、解剖学的構造分類モジュール132は、解剖学的分類器訓練ユニット102から受け取った解剖学的分類モデルを使用して、画像ポイントに関連する解剖学的構造を予測することができる。例えば、ステップ550で決定されたランドマーク特徴を解剖学的分類モデルに入力することができる。次いで、解剖学的分類モデルは、既存の知識、すなわち、画像ポイントのランドマーク特徴と、訓練中に学習されたその画像ポイントの解剖学的構造との間の関係に基づいて、これらのランドマーク特徴を分析する。最後に、解剖学的分類モデルは、画像ポイントを解剖学的構造のひとつに割り当てることができる。

40

【0090】

[085]

ステップ550及び560は、ステップ540で識別されたセット内のすべての画像ポ

50

イントに対して実行される。例えば、ステップ 550 及び 560 は、医用画像内のすべての画像ポイントが処理および分類されるまで繰り返されてもよい。ステップ 570 において、解剖学的構造分類モジュール 132 は、セット内のすべての画像ポイントが処理されたかどうかを判定し、そうであれば（ステップ 570：Yes）、ステップ 580 に進む。そうでない場合（ステップ 580：No）、ステップ 550 および 560 が繰り返されて次の画像ポイント进行处理する。

【0091】

[086]

ステップ 580 において、解剖学的構造分類モジュール 132 は、予測結果に基づいて医用画像をセグメント化することができる。いくつかの実施形態では、解剖学的構造分類モジュール 132 は、同じ解剖学的構造を有するものとして分類された画像ポイントに一定値を割り当てることができる。いくつかの実施形態では、画像ポイントは、それらが所属する解剖学的構造に従って色分けされる。いくつかの実施形態では、ステップ 580 の一部として、解剖学的構造分類モジュール 132 は、セグメント化中の特定の画像ポイントの分類を変更することができる。例えば、2つの解剖学的構造の間、又は背景と解剖学的構造の間の輪郭を滑らかにするために、変化を適用することができる。別の例として、解剖学的構造は一般に連続的である。したがって、すべての前立腺画像ポイントによって囲まれた画像ポイントが膀胱の一部として分類されることはない。したがって、解剖学的構造分類モジュール 132 は、その隣接する画像ポイントに基づいて画像ポイントの分類結果を変更することができる。

【0092】

[087]

セグメント化された医用画像は、解剖学的分類ユニット 103 から出力される。いくつかの実施形態では、セグメント化された医用画像は、画像ディスプレイ 228 上のユーザに表示されてもよい。将来の医用画像データベースを提供する。いくつかの他の実施形態では、セグメント化された医用画像は、知識ベースを充実させるための訓練画像として訓練画像データベース 101 に格納されてもよい。プロセス 500 A は、ステップ 590 の後に終了することができる。

【0093】

[088]

図 5 B は、本開示のいくつかの実施形態による図 4 B のプロセスによって得られた解剖学的分類モデルを使用して医用画像内の画像ポイントを分類するための別の例示的な解剖学的分類プロセス 500 B を示すフローチャートである。解剖学的分類プロセス 500 B は、追加のステップ 552 及び修正されたステップ 560 を除いて、プロセス 500 A に類似している。したがって、ステップ 510-550 及び 570-590 は、再度説明しない。

【0094】

[089]

ランドマーク特徴抽出モジュール 131 は、ステップ 550 で決定されたランドマーク特徴に加えて、ステップ 552 において、画像ポイントのローカル特性又はコンテキスト特徴に基づいて、画像ポイントの少なくともひとつの画像特徴を更に決定することができる。これらの画像特徴は、一般に、プロセス 400 B のステップ 442 で決定されたものと同じタイプである。ステップ 560 において、解剖学的分類ユニット 103 は、ランドマーク特徴と画像特徴との両方を使用して予測することができる。ランドマーク特徴と画像特徴との組み合わせは、予測の精度を高め、したがって画像セグメンテーションの質を向上させることができる。

【0095】

[090]

例えば、図 8 は、図 7 に示す 3 次元 CT 画像のセグメンテーション結果を示す図である。本開示のいくつかの実施形態によれば、ランドマーク特徴の異なるセットを使用して図

1に示される。行(A)ー(D)は、軸方向、矢状方向および冠状のそれぞれのビューにおける患者の3次元CT画像を示す。具体的には、行(A)は、セグメント化前の医用画像を示す。行(B)は、ランドマーク特徴を持たない画像特徴のみを使用することによって、膀胱、前立腺および直腸のセグメンテーション結果を示す。示されているように、セグメンテーション結果はノイズが多く、誤分類率が比較的大きい。例えば、いくつかの前立腺ボクセルは直腸ボクセルとして誤分類され、いくつかの直腸ボクセルは体ボクセルとして誤分類される。Row(C)は、Row(B)に使用される画像フィーチャと併せて3つのランドマーク特徴を使用してセグメンテーション結果を示す。結果は雑音が少なく、誤分類率が大幅に減少する。行(D)は、24個のランドマーク特徴をRow(B)に使用されるイメージフィーチャと共に使用してセグメンテーション結果を示す。ランドマーク特徴と画像特徴との組み合わせを用いることにより、セグメンテーションの質が向上することが分かる。さらに、より多くの目印特徴を適用すると、セグメンテーションの質も向上する。ランドマーク特徴の数を増やすために、より多くのランドマークポイントを設定することによって、及び／又は、各ランドマークポイントに対してより多くのランドマーク特徴を定義することによって、ランドマーク特徴の数を増やすことができる。

10

【0096】

[091]

正確にセグメント化された画像又は解剖学的構造の明確な輪郭は、セグメント化の結果に依存する様々なアプリケーションに役立つ。例えば、図9は、本開示のいくつかの実施形態による、セグメンテーション結果の例示的なさらなるアプリケーションを示すフローチャートである。

20

【0097】

[092]

1. 形状モデリング

[093]

図9に示すように、分類モデル910は、分類結果に基づいて初期画像輪郭を生成することができる。初期輪郭は、更なる精細化のために形状モデル920に提供されてもよい。形状モデル920の例には、アクティブ形状モデル(ASM)、疎形状モデル、物理ベース形状モデルなどが含まれるが、これらに限定されるものではない。

30

【0098】

[094]

いくつかの実施形態では、形状モデル920は、医用画像内のオブジェクト(解剖学的構造)に適合するように輪郭を反復的に変形してもよい。例えば、形状モデル920は、最初に、物体の粗い形状を決定するためにプロファイルモデリングを実行し、その後、形状が変化する方法を制限する点分布モデルへの粗い形状を確認することができる。形状モデル920は、収束するまでこれらのステップを交互に行うことができる。高品質の初期輪郭を使用することによって、形状モデル920は、より少ない反復で洗練された形状を得ることができ、したがって処理時間が短縮される。

【0099】

[095]

2. 画像登録

[096]

図9に示すように、分類モデル910は、画像登録を支援する解剖学的構造を提供することができる。画像登録は、異なるデータセットをひとつの座標系に変換するプロセスである。典型的な画像登録アルゴリズムは、輝度ベース又は特徴ベース、又はその2つの組み合わせである。特に、特徴ベースの方法は、点、線、及び輪郭などの画像特徴間の対応を見つける。したがって、画像登録は、より明確に定義された初期輪郭から大きく利益を得ることができる。

40

【0100】

[097]

50

いくつかの実施形態では、分類モデル 910 は、解剖学的分類結果に基づいて解剖学的構造の中心点位置を計算する中心ロケータ 930 に構造情報を提供することができる。このような情報は、画像登録アルゴリズム 940 の計算を初期化又は誘導するために使用することができる。画像登録アルゴリズム 940 の例には、リジッドレジストレーション (rigid registration)、アフィンレジストレーション (affine registration)、ピースワイズリニアレジストレーション (piece-wise linear registration)、及び、デモンズレジストレーション (Demos registration)、B-スプラインレジストレーション (B-Spline registration)、微分同相レジストレーション (diffeomorphic registration) 等のように当業者により知られた様々な変形可能な登録アルゴリズム (deformable registration algorithms) を含んでもよい。

10

【0101】

[098]

いくつかの他の実施形態 (図示せず) では、分類モデル 910 は、解剖学的分類結果を提供し、画像登録アルゴリズムのための最適化機能における類似性又は一致基準を改良することができる。

【0102】

[099]

3. 体積計算

[0100]

解剖学的分類結果はまた解剖学的構造のボリュームの大きさの正確に推定するのに役立つ。膀胱などの特定の解剖学的構造については、変形フィールド及び治療のための線量最適化を計算する際に、ボリュームの大きさが重要である。膀胱の例では、容積の大きさは、異なる治療セッションで大きく変化しうる。したがって、その大きさの正確な推定は、膀胱周囲の相対的な位置又は変形に関する重要な事前知識を与え、ひいては変形フィールドの計算することを助け、又は、その場で線量分布を最適化するのに役立つ。

20

【0103】

[0101]

図 9 に示すように、分類モデル 910 は、膀胱などの解剖学的構造に関連するセグメンテーション情報をボリューム計算機 950 に提供することができる。ボリューム計算機 950 は、その輪郭及び他の構造データに基づいて解剖学的構造のボリュームサイズを計算する。ボリュームサイズは、将来の治療を導くために、治療データベース 960 に更に提供されてもよい。例えば、ボリュームのサイズ情報を利用して、類似の患者の選択をデータベースから導くのを助けることができる。

30

【0104】

[0102]

様々な動作又は機能が、本明細書で説明され、ソフトウェアコード又は命令として実装又は定義されてもよい。そのようなコンテンツは、直接実行可能な形式 (「オブジェクト」又は「実行可能」形式)、ソースコード、又は差分コード (「デルタ (delta)」又は「パッチ (patch)」コード) であってもよい。本明細書に記載された実施形態のソフトウェア実装は、コード又は命令が格納された製品を介して、又は、通信インタフェースを介してデータを送信するために通信インタフェースを動作させる方法を介して提供することができる。機械又はコンピュータ可読記憶媒体は、記述された機能又は動作を機械に実行させることができ、機械 (例えば、コンピューティングデバイス、電子システムなど) によってアクセス可能な形式で情報を記憶する書き換え可能/書き換え不可能な記録媒体 (例えば、リードオンリメモリ (ROM)、ランダムアクセスメモリ (RAM)、磁気ディスク記憶媒体、光学記憶媒体、フラッシュメモリデバイスなど) のような任意のメカニズムを含む。通信インタフェースは、メモリバスインタフェース、プロセッサバスインタフェース、インターネット接続、ディスクコントローラ、及び他のデバイスのような、ハードワイヤード、ワイヤレス、光学などのいずれかと通信する任意のメカニズム、他のデバイスと通信するための媒体を含む。そのような。通信インタフェースは、ソフトウェア

40

50

インタフェースを記述するデータ信号を提供するために通信インタフェースを準備するための構成パラメータ及び／又は送信信号を提供することによって構成することができる。通信インタフェースは、通信インタフェースに送信されるひとつ又は複数のコマンド又は信号を介してアクセスすることができる。

【0105】

[0103]

本発明はまた、本明細書の操作を実行するためのシステムに関する。このシステムは、必要な目的のために特別に構成することができ、又は、コンピュータに格納されたコンピュータプログラムによって選択的に起動又は再構成された汎用コンピュータを含むことができる。このようなコンピュータプログラムは、限定はしないが、フロッピーディスク、10
光ディスク、CDROM、及び光磁気ディスク、読み出し専用メモリ（ROM）、ランダムアクセスメモリ（RAM）、EPROM、EEPROM、磁気又は光カード、又は、電子命令を記憶するのに適した任意のタイプの媒体であり、それぞれがコンピュータシステムバスに接続されたもののような、コンピュータ可読記憶媒体に格納することができる。

【0106】

[0104]

本明細書に例示され説明された本発明の実施形態における動作の実行又は実行の順序は、特に断らない限り必須ではない。すなわち、動作は、他に特定されない限り、任意の順序で実行されてもよく、本発明の実施形態は、本明細書に開示された動作よりも多い又は20
少ない動作を含み得る。例えば、別の操作の前、同時又は後に特定の操作を実行又は実行することは、本発明の態様の範囲内にあると考えられる。

【0107】

[0105]

本発明の実施形態は、コンピュータ実行可能命令で実装することができる。コンピュータ実行可能命令は、ひとつ又は複数のコンピュータ実行可能コンポーネント又はモジュールに編成することができる。本発明の態様は、そのような構成要素又はモジュールの任意の数及び構成で実施することができる。例えば、本発明の態様は、特定のコンピュータ実行可能命令、又は、図示され、本明細書で説明される特定のコンポーネント又はモジュールに限定されない。本発明の他の実施形態は、本明細書に図示及び説明されているものよりも多い又は少ない機能を有する異なるコンピュータ実行可能命令又はコンポーネントを30
含むことができる。

【0108】

[0106]

本発明の態様又はその実施形態の要素を導入する場合、冠詞「a」、「an」、「the」及び「said」は、ひとつ又は複数の要素が存在することを意味することが意図される。「含む（comprising）」、「含む（including）」及び「有する（having）」という用語は、包括的であることを意図しており、列挙された要素以外の追加の要素が存在し得ることを意味する。

【0109】

[0107]

本発明の態様を詳細に記載してきたが、添付の特許請求の範囲に定義される本発明の態様の範囲から逸脱することなく、改変及び変更が可能であることは明らかであろう。本発明の態様の範囲から逸脱することなく、上記の構造、製品、及び方法において様々な変更を行うことができるので、上記の説明に含まれ、添付の図面に示されるすべての事項は、40
例示的なものであり、限定的な意味ではなく解釈されることが意図される。

【図 1】

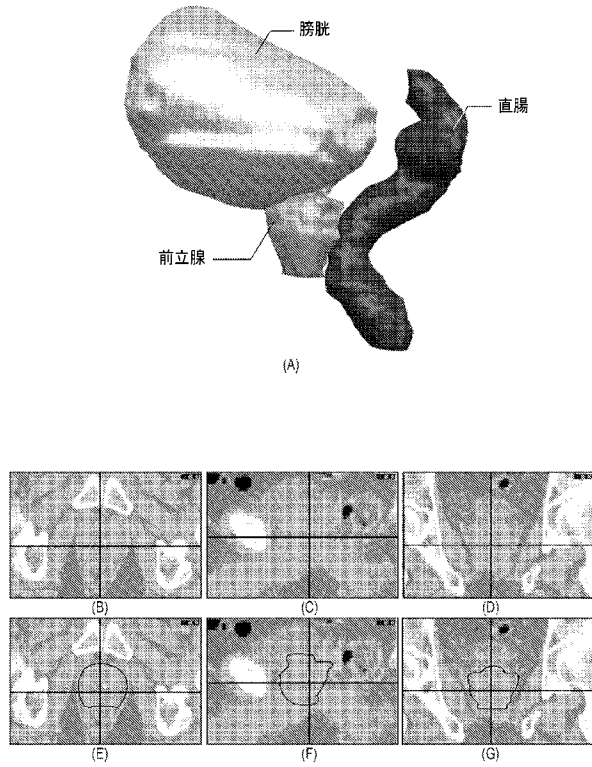


FIGURE 1

【図 2】

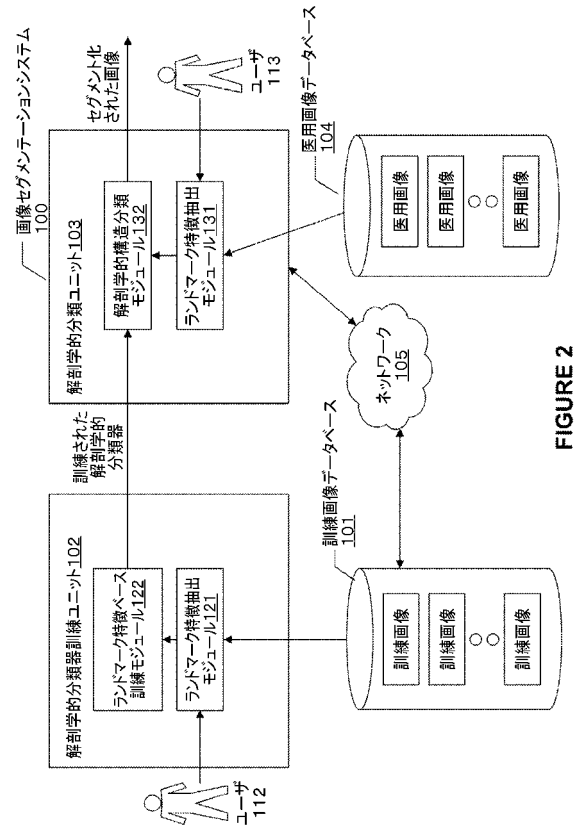


FIGURE 2

【図 3】

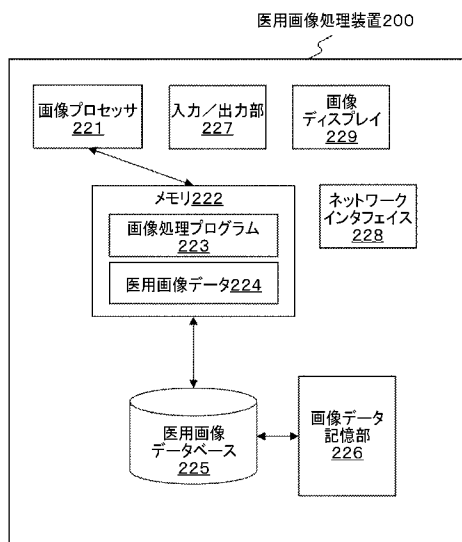


FIGURE 3

【図 4 A】

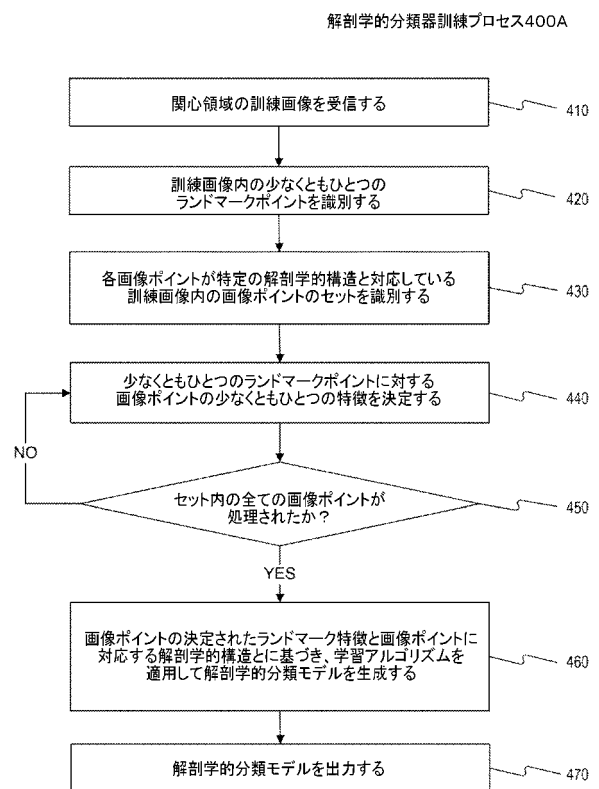


FIGURE 4A

【図 4 B】

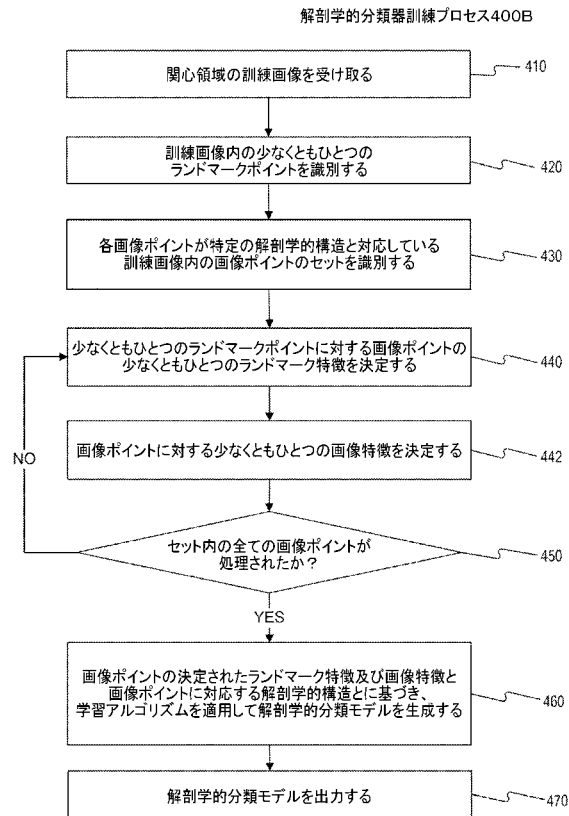


FIGURE 4B

【図 5 A】

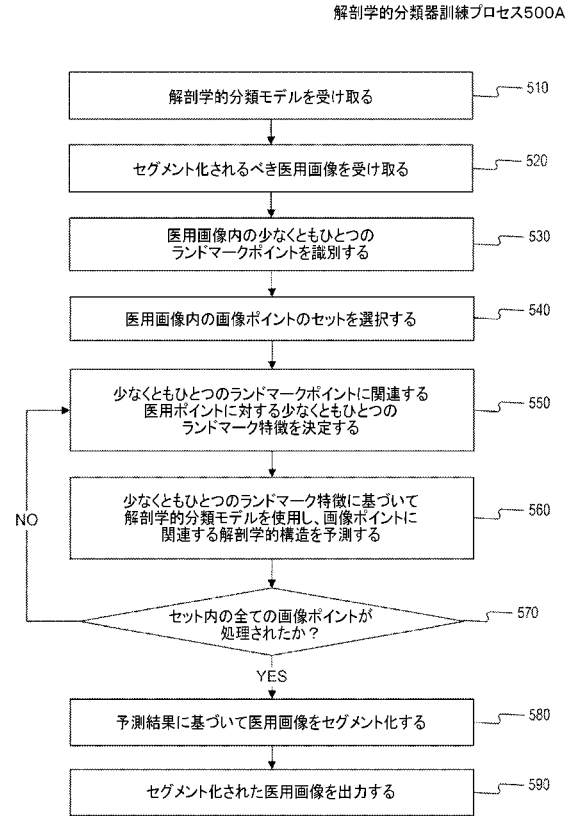


FIGURE 5A

【図 5 B】

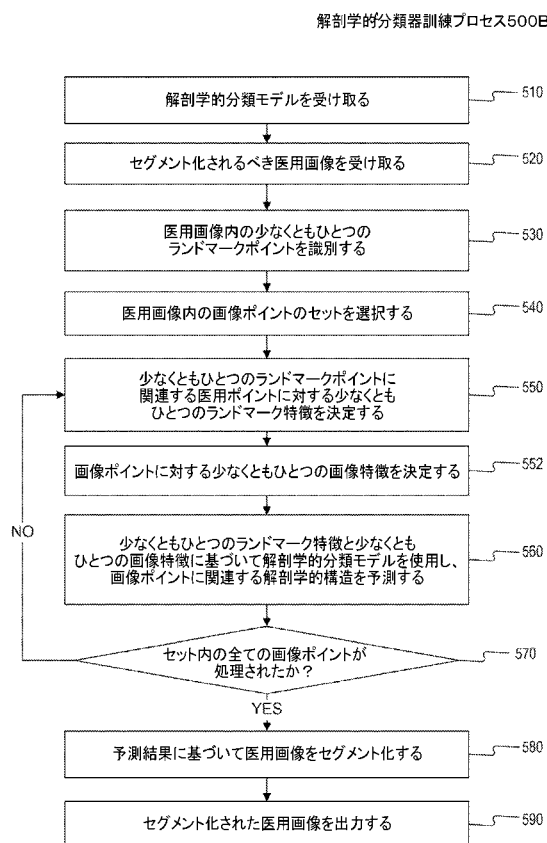


FIGURE 5B

【図 6】

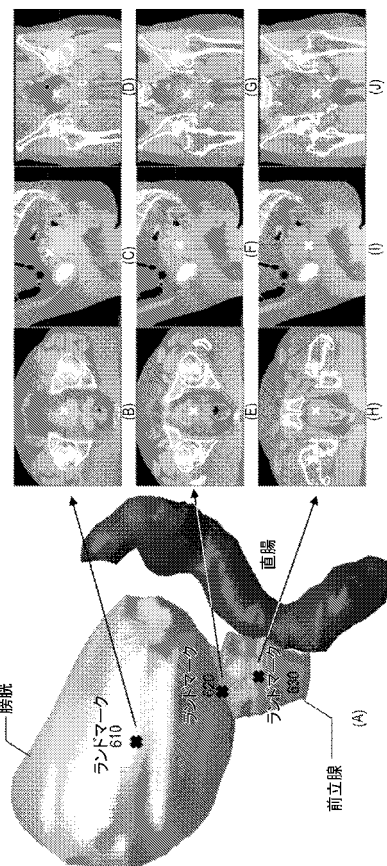


FIGURE 6

【図 7】

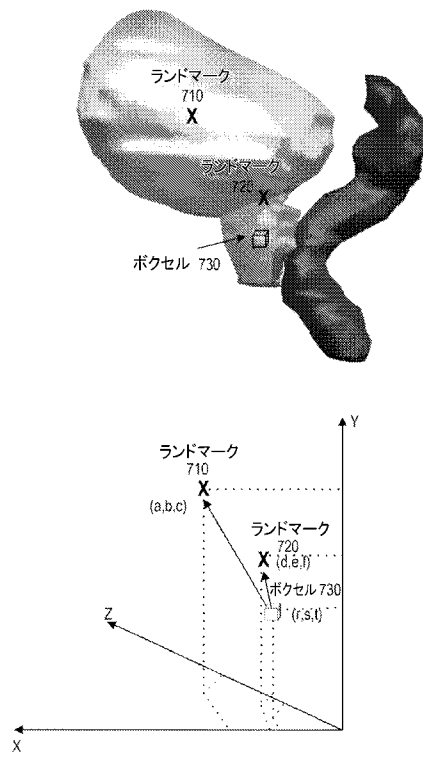


FIGURE 7

【図 8】

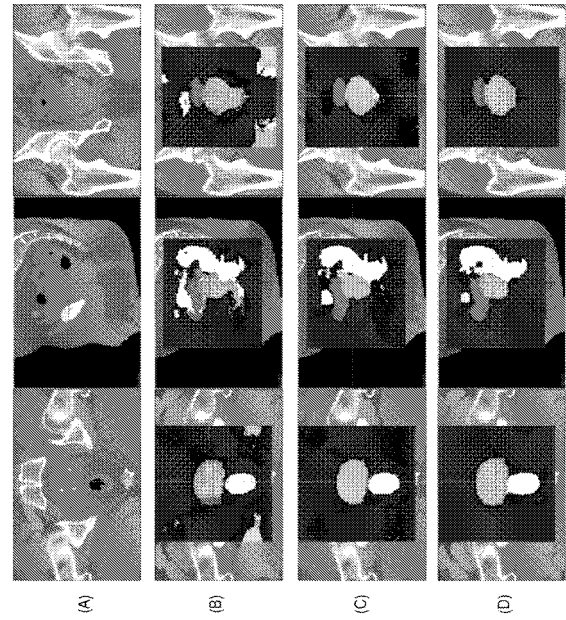


FIGURE 8

【図 9】

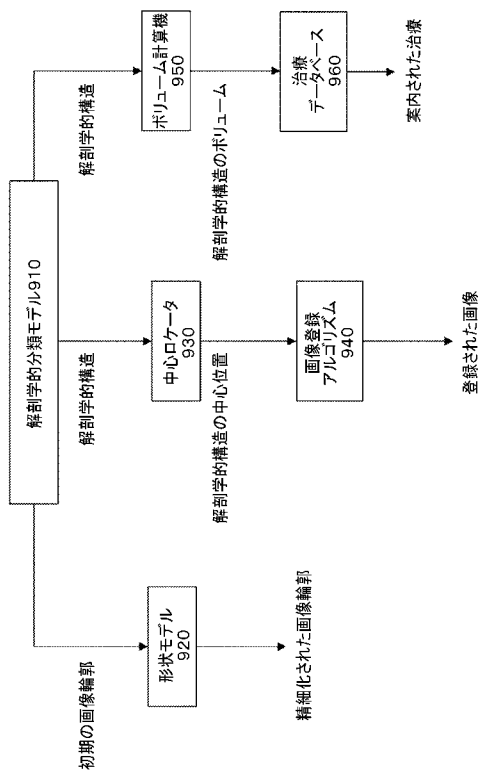


FIGURE 9

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US2015/046011

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G06T7/00
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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DWARIKANTH MAHAPATRA ET AL: "Localizing and segmenting Crohn's disease affected regions in abdominal MRI using novel context features", PROCEEDINGS OF SPIE, vol. 8669, 13 March 2013 (2013-03-13), page 86693K, XP055224859, US ISSN: 0277-786X, DOI: 10.1117/12.2006698 ISBN: 978-1-62841-839-2 page 3 - page 4 ----- -/--	1-11, 15-44 12-14

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ 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

30 October 2015

Date of mailing of the international search report

10/11/2015

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Celik, Hasan

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US2015/046011

X(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WEI LI ET AL: "Paper; Learning image context for segmentation of the prostate in CT-guided radiotherapy; Learning image context for segmentation of the prostate in CT-guided radiotherapy", PHYSICS IN MEDICINE AND BIOLOGY, INSTITUTE OF PHYSICS PUBLISHING, BRISTOL GB, vol. 57, no. 5, 17 February 2012 (2012-02-17), pages 1283-1308, XP020219130, ISSN: 0031-9155, DOI: 10.1088/0031-9155/57/5/1283	1-11, 15-44
Y	page 1288 - page 1293 figure 3	12-14
X	----- ZHUOWEN TU ET AL: "Auto-Context and Its Application to High-Level Vision Tasks and 3D Brain Image Segmentation", IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE, IEEE COMPUTER SOCIETY, USA, vol. 30, no. 10, 1 October 2010 (2010-10-01), pages 1744-1757, XP011297883, ISSN: 0162-8828	1-11, 15-44
Y	page 1754 - page 1755 figure 1	12-14
A	----- HONGWEI JI ET AL: "ACM-Based Automatic Liver Segmentation From 3-D CT Images by Combining Multiple Atlases and Improved Mean-Shift Techniques", IEEE JOURNAL OF BIOMEDICAL AND HEALTH INFORMATICS, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, vol. 17, no. 3, 1 May 2013 (2013-05-01), pages 690-698, XP011506362, ISSN: 2168-2194, DOI: 10.1109/JBHI.2013.2242480	1-44
Y	page 691 - page 692 ----- COOTES T F ET AL: "The use of active shape models for locating structures in medical images", 14 June 1993 (1993-06-14), INFORMATION PROCESSING IN MEDICAL IMAGING, SPRINGER BERLIN HEIDELBERG, BERLIN, HEIDELBERG, PAGE(S) 33 - 47, XP019191364, ISBN: 978-3-540-56800-1 the whole document -----	12-14

フロントページの続き

(81)指定国 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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, TZ, UA, UG, US

(72)発明者 シュウ エン

アメリカ合衆国 6 3 3 7 6 ミズーリ州 セント ピーターズ レモン ツリー ドライブ 6

Fターム(参考) 4C093 AA22 AA26 CA15 CA21 CA35 FD03 FD11 FF11 FF16 FF19
FF20 FF22 FF23 FF28 FF32 FF33 FG01 FG05 FG13 FG16
FG18 FH02 FH06 FH08 FH09
4C096 AA08 AA17 AA20 AB38 AC01 AC04 AC05 AC07 DC19 DC23
DC24 DC28 DC32 DC33 DC36 DD07 DD13 DE06 DE07
5L096 BA06 BA13 DA02 FA59 FA66 FA67 FA68 JA03 JA11 KA04