(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第4682091号
(P4682091)

(45)発行日　平成23年5月11日(2011.5.11)　(24)登録日　平成23年2月10日(2011.2.10)

(51)Int.Cl.			F I		
A61B	6/00	(2006.01)	A61B	6/00	350D
G06T	1/00	(2006.01)	G06T	1/00	290A
G06T	5/20	(2006.01)	G06T	5/20	A
G06T	5/00	(2006.01)	G06T	5/00	300

請求項の数 20　(全 23 頁)

(21)出願番号　特願2006-166631 (P2006-166631)
(22)出願日　平成18年6月15日 (2006.6.15)
(65)公開番号　特開2006-346465 (P2006-346465A)
(43)公開日　平成18年12月28日 (2006.12.28)
審査請求日　平成18年6月15日 (2006.6.15)
(31)優先権主張番号　200510077098.1
(32)優先日　平成17年6月15日 (2005.6.15)
(33)優先権主張国　中国 (CN)

(73)特許権者　000001007
キヤノン株式会社
東京都大田区下丸子３丁目３０番２号
(74)代理人　100076428
弁理士　大塚　康徳
(74)代理人　100112508
弁理士　高柳　司郎
(74)代理人　100115071
弁理士　大塚　康弘
(74)代理人　100116894
弁理士　木村　秀二

最終頁に続く

(54)【発明の名称】心臓境界、胸郭境界及び横隔膜境界を検出する方法、装置及び記憶媒体

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

胸部画像における胸郭、横隔膜及び心臓の境界を検出する装置の制御方法であって、

検出手段が、前記胸部画像の正中線を検出するステップと、

獲得手段が、検出した前記正中線の左右の前記胸部、横隔膜及び心臓の境界である左肺境界及び右肺境界、左横隔膜境界及び右横隔膜境界、並びに、左心境界及び右心境界の６つを検出ターゲットとし、前記胸部画像から、各検出ターゲット毎に予め設定された方向に隣接する画素の画素値の差分を計算することで、グレイレベル差の６つの差分画像を獲得するステップと、

ここで、前記差分画像を計算に用いる隣接する２画素の並ぶ方向は、検出ターゲットの種類に依存し、その種類が示す境界を境に明るい方向から暗い方向に向かう方向である；

フィルタリング手段が、各検出ターゲット用の６つの差分画像のノイズを低減し、検出ターゲットの境界を強調するために、それぞれの検出ターゲットに用意された、少なくとも１つのフィルタにより各検出ターゲット用の前記差分画像をフィルタリングするステップと、

２値化手段が、前記フィルタリングして得られた各検出ターゲット用の６つの差分画像それぞれを、それぞれの差分画像中の画素の差分値が予め設定された閾値より大きい画素を高いグレイレベル、閾値以下の場合に画素を低いグレイレベルとして２値化するステップと、

取り出し手段が、前記２値化によって得られた各検出ターゲット用の６つの２値化画像それぞれから高いグレイレベルを有する領域の、前記正中線に対して外側に位置する外側エッジを取り出すステップと、

判定手段が、前記６つの２値画像それぞれから取り出された前記外側エッジから、それぞれの検出ターゲットの境界を各検出ターゲットの境界線の特性及び位置関係に従って判定するステップと

を備えることを特徴とする方法。

【請求項２】

前記正中線は、前記胸部画像のプロジェクトプロファイルに従って発見することを特徴とする請求項１に記載の方法。

【請求項３】

前記胸部画像の隣接画素のグレイレベル差の差分画像を獲得するステップは、

前記差分画像のグレイ値を線形変換により０～Ｌグレイ値空間に変換するステップと、

前記差分画像のヒストグラムを計算して最大値位置ＭＰを獲得し、前記ヒストグラムをＭＰ～Ｌから０～Ｌへ伸張するステップとを更に含むことを特徴とする請求項１又は２に記載の方法。

【請求項４】

前記差分画像をフィルタリングするステップにおいて使用されるフィルタは、平均フィルタ及び／又は中央値フィルタであることを特徴とする請求項１に記載の方法。

【請求項５】

前記フィルタリングして得られた画像を２値化するステップは、

前記胸部画像の前記正中線に従って関心領域（ＲＯＩ）を定義するステップと、

前記ＲＯＩの平均グレイレベル値に従って２値化閾値を定義するステップと、

前記２値化閾値に従って、前記フィルタリングされた画像を２値化するステップとを含むことを特徴とする請求項１に記載の方法。

【請求項６】

前記外側エッジを取り出すステップは、

前記高いグレイレベルを有する領域と判定された側のエッジにある画素を見つけ出すステップと、

前記エッジの見つけ出された画素のグレイレベルを最高グレイレベルに設定し、且つ他の画素のグレイレベルを最低グレイレベルに設定するステップと、

前記エッジの連結性を確保するために、前記２値化画像を演算子により膨張するステップとを含むことを特徴とする請求項１に記載の方法。

【請求項７】

前記演算子は、各検出ターゲットである境界の種類に従って決定されることを特徴とする請求項６に記載の方法。

【請求項８】

前記境界を判定するステップは、第１段階では左肺境界及び右肺境界の検出、その次の第２の段階では左横隔膜境界及び右横隔膜境界の検出、その次の第３の段階では左心境界及び右心境界の順番に検出処理を行い、

各段階では、候補境界を獲得するために、前記外側エッジを追跡するステップを有し、

前記第１の段階を除く前記第２、第３の段階では、それ以前の段階で検出された境界と、それぞれの段階で検出する境界の種類に従って、前記候補境界のうち、それぞれの境界の種類に対して予め設定された条件に合う曲線を選択するステップとを含むことを特徴とする請求項１又は２に記載の方法。

【請求項９】

胸郭の境界に関しては、境界の長さ情報に基づいて候補境界をフィルタリングし、フィルタリングされた境界の位置情報を用いて胸郭境界を決定し、

横隔膜の境界に関しては、境界の長さ情報に基づいて候補境界をフィルタリングし、決定すべき横隔膜の境界と同じ側にある検出済みの胸郭の境界との相対位置を用いて横隔膜

境界を決定し、前記胸郭の境界が検出されていない場合には横隔膜の境界の位置情報を直接に用いて横隔膜境界を決定し、
心臓の境界に関しては、境界の長さ情報に基づいて候補境界をフィルタリングし、決定すべき心臓境界と同じ側の検出済みの横隔膜境界との相対位置を用いて心臓の境界を決定し、横隔膜の境界が検出されていない場合には、心臓の境界の位置情報を直接に用いて心臓の境界を決定することを特徴とする請求項８に記載の方法。
【請求項１０】
胸部画像における胸郭、横隔膜及び心臓の境界を検出する装置であって、
前記胸部画像の正中線を検出する手段と、
検出した前記正中線の左右の前記胸部、横隔膜及び心臓の境界である左肺境界及び右肺境界、左横隔膜境界及び右横隔膜境界、並びに、左心境界及び右心境界の６つを検出ターゲットとし、前記胸部画像から、各検出ターゲット毎に予め設定された方向に隣接する画素の画素値の差分を計算することで、グレイレベル差の６つの差分画像を獲得する手段と、
ここで、前記差分画像を計算に用いる隣接する２画素の並ぶ方向は、検出ターゲットの種類に依存し、その種類が示す境界を境に明るい方向から暗い方向に向かう方向である；
各検出ターゲット用の６つの差分画像のノイズを低減し、検出ターゲットの境界を強調するために、それぞれの検出ターゲットに用意された、少なくとも１つのフィルタにより各検出ターゲット用の前記差分画像をフィルタリングする手段と、
前記フィルタリングして得られた各検出ターゲット用の６つの差分画像それぞれを、それぞれの差分画像中の画素の差分値が予め設定された閾値より大きい画素を高いグレイレベル、閾値以下の場合に画素を低いグレイレベルとして２値化する手段と、
前記２値化によって得られた各検出ターゲット用の６つの２値化画像それぞれから高いグレイレベルを有する領域の、前記正中線に対して外側に位置する外側エッジを取り出す手段と、
前記６つの２値画像それぞれから取り出された前記外側エッジから、それぞれの検出ターゲットの境界を各検出ターゲットの境界線の特性及び位置関係に従って判定する手段と
を備えることを特徴とする装置。
【請求項１１】
前記胸部画像の隣接画素のグレイレベル差の差分画像を獲得する手段は、
前記差分画像のグレイレベル値を線形変換により０～Ｌグレイ値空間に変換する手段と、
前記差分画像のヒストグラムを計算して最大値位置ＭＰを獲得し、前記ヒストグラムをＭＰ～Ｌから０～Ｌへ伸張する手段とを更に備えることを特徴とする請求項１０に記載の装置。
【請求項１２】
前記差分画像をフィルタリングする手段において使用されるフィルタは、平均フィルタ又は中央値フィルタであることを特徴とする
請求項１０に記載の装置。
【請求項１３】
前記フィルタリングして得られた画像を２値化する手段は、
前記胸部画像の前記正中線に従って関心領域（ＲＯＩ）を定義する手段と、
前記ＲＯＩの平均グレイ値に従って２値化閾値を定義する手段と、
前記２値化閾値に従って、前記フィルタリングされた画像を２値化する手段とを備えることを特徴とする請求項１０に記載の装置。
【請求項１４】
前記外側エッジを取り出す手段は、
前記高いグレイレベルを有する領域と前記判定された側のエッジにある画素を見つけ出す手段と、

前記エッジ上の、見つけ出された画素のグレイレベルを最高グレイレベルに設定し、且つ他の画素のグレイレベルを最低グレイレベルに設定する手段と、
前記エッジの連結性を確保するために、前記２値化画像を演算子により膨張する手段とを備えることを特徴とする請求項１０に記載の装置。
【請求項１５】
前記演算子は、各検出ターゲットである境界の種類に従って決定されることを特徴とする請求項１４に記載の装置。
【請求項１６】
前記境界を判定する手段は、第１段階では左肺境界及び右肺境界の検出、その次の第２の段階では左横隔膜境界及び右横隔膜境界の検出、その次の第３の段階では左心境界及び右心境界の順番に検出処理を行い、
各段階では、候補境界を獲得するために、前記外側エッジを追跡する手段と、
前記第１の段階を除く前記第２、第３の段階では、それ以前の段階で検出された境界と、それぞれの段階で検出する境界の種類に従って、前記候補境界のうち、それぞれの境界の種類に対して予め設定された条件に合う曲線を選択する手段とを備えることを特徴とする請求項１０に記載の装置。
【請求項１７】
胸郭の境界に関しては、境界の長さ情報に基づいて候補境界をフィルタリングし、フィルタリングされた境界の位置情報を用いて胸郭境界を決定し、
横隔膜の境界に関しては、境界の長さ情報に基づいて候補境界をフィルタリングし、決定すべき横隔膜境界と同じ側にある検出済みの胸郭の境界との相対位置を用いて横隔膜境界を決定し、前記胸郭境界が検出されていない場合には横隔膜境界の位置情報を直接に用いて横隔膜境界を決定し、
心臓の境界に関しては、境界の長さ情報に基づいて候補境界をフィルタリングし、決定すべき心臓境界と同じ側の検出済みの横隔膜境界との相対位置を用いて心臓の境界を決定し、横隔膜の境界が検出されていない場合には、心臓の境界の位置情報を直接に用いて心臓の境界を決定することを特徴とする請求項１６に記載の装置。
【請求項１８】
胸部画像の心臓胸郭比を自動的に測定する方法であって、
請求項１乃至９のいずれかに記載の方法により、前記胸部画像において、左肺境界及び右肺境界を検出し、次に、左横隔膜及び右横隔膜を検出された肺境界を用いて検出し、そして左心境界及び右心境界を検出された横隔膜境界を用いて検出するステップと、
水平方向の左肺境界の最大値TL、水平方向の右肺境界の最小値TR、水平方向の左心境界の最大値CL及び水平方向の右心境界の最小値CRを検索するステップと、
以下の式、
CTR＝(CL－CR)／(TL－TR)×100％
により、前記胸部画像の心臓胸郭比（CTR）を計算するステップとを備えることを特徴とする方法。
【請求項１９】
胸部画像の心臓胸郭比を自動的に測定する装置であって、
請求項１乃至９のいずれかに記載の方法により、前記胸部画像における左肺境界及び右肺境界、左横隔膜及び右横隔膜並びに左心境界及び右心境界を検出する手段と、
水平方向の左肺境界の最大値TL、水平方向の右肺境界の最小値TR、水平方向の左心境界の最大値CL及び水平方向の右心境界の最小値CRを検索する手段と、
以下の式
CTR＝(CL－CR)／(TL－TR)×100％
により、前記胸部画像の心臓胸郭比（CTR）を計算する手段とを備えることを特徴とする装置。
【請求項２０】
請求項１乃至９のいずれかに記載の胸部画像における境界を検出する方法をコンピュー

タに実行させる制御プログラムを格納したことを特徴とするコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、画像処理に関し、特に、胸部画像における心臓境界、胸郭境界及び横隔膜境界を検出する方法、装置及び記憶媒体に関する。

【背景技術】

【０００２】

胸部画像において肺を正確に識別できれば、肺に関連する様々なコンピュータ援用診断方式の情報のみならず、領域に基づく解剖学的画像処理及びデータ圧縮のための有用なツールも提供されることになる。全てのエッジは、肺野の場所、形状及び大きさに関する有用な情報を提供する。この情報から、ＣＡＤ（コンピュータ援用診断）システムは、心臓及び肺の情報、並びに間質疾患、気胸、心臓肥大及び肺結節などの様々な異常を自動的に検出できる。

【０００３】

現在、肺、心臓及び横隔膜の境界を獲得するための通常のステップは、グレイレベルプロファイルによって、解剖学的な意味におけるランドマーク線を獲得するステップと；ヒストグラムの解析、エッジ検出又は境界と背景とのグレイ値差に基づく他の何らかの方法によって、ランドマーク線によりマーキングされるＲＯＩ（関心領域）中の境界を発見するステップとを含む。この処理は、より正確な境界を求めて繰り返し実行される場合が多い。そして、境界は、フィッティング関数又は他の何らかの方法によって平滑化される。以上のような手順の全体では、使用される経験データが大量に存在することになる。

【０００４】

米国特許第６，２８２，３０７号（特許文献１）は、背腹胸部Ｘ線写真における肺野及び肋骨横隔膜角領域の自動分割のための方法、システム及びコンピュータ製品を開示する。特許文献１では、グローバルグレイレベルヒストグラムの特徴に基づいて、胸部画像に反復グローバルグレイレベル閾値処理方法を適用することにより、グレイレベル閾値解析に基づく画像分割が実行される。肺野の外側の領域を除外するために、繰り返し毎に構成される２値画像の中の領域の特徴が識別され、解析される。このグローバル処理の結果として得られた初期肺輪郭は、ローカルグレイレベル閾値設定方法を容易に実行するために使用される。初期輪郭に沿って、個別の関心領域（ＲＯＩ）が配列される。初期横隔膜ポイントを識別するために、コントラストに基づく情報が列ごとに採用され、初期肋骨ポイントを識別するために、最大グレイレベル情報が行ごとに使用される。初期横隔膜ポイント及び初期肋骨ポイントの解析により、ＣＰ角（CP angle）ＲＯＩ位置決めの適切な調整を実行できる。多項式曲線フィッティングを使用して、横隔膜ポイント及び肋骨ポイントは、１つの連続する滑らかなＣＰ角輪郭線に組み合わせられる。その後、この輪郭線は、複数の肺分割輪郭に分割される。

【特許文献１】米国特許第６，２８２，３０７号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

しかし、上記のような従来の技術では、複雑な計算が含まれるため、境界線を発見する速度は遅い。

【０００６】

本発明の目的は、従来の技術の上記の技術的課題を解決し、胸部画像における心臓境界、胸郭境界及び横隔膜境界を検出するための方法、装置及び記憶媒体を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【０００７】

本発明の１つの面によれば、胸部画像における境界を検出する方法は、胸部画像の隣接画素のグレイレベル差を計算して差分画像を獲得するステップと、ノイズを低減しターゲットを強調するために、少なくとも１つのフィルタにより差分画像をフィルタリングするステップと、フィルタリングされた画像を２値化するステップと、２値化画像から高いグレイレベルを有する領域の外側エッジを取り出すステップと、発見されるべき境界の特性に従ってエッジから１つの境界を判定するステップとを備える。

【０００８】

又、本発明の別の面によれば、胸部画像における境界を検出する装置は、前記胸部画像の隣接画素のグレイレベル差を計算して差分画像を獲得する手段と、ノイズを低減しターゲットを強調するために、差分画像をフィルタリングする手段と、フィルタリングされた画像を２値化する手段と、２値化画像から高いグレイレベルを有する領域の外側エッジを取り出す手段と、発見されるべき境界の特性に従ってエッジから１つの境界を判定する手段とを備える。

【０００９】

本発明の更に別の面によれば、胸部画像の心臓胸郭比を自動的に測定する方法は、上述の境界発見方法により、胸部画像中の左肺境界、右肺境界、左横隔膜、右横隔膜、左心境界及び右心境界を検出するステップと、水平方向の左肺境界の最大値TL、水平方向の右肺境界の最小値TR、水平方向の左心境界の最大値CL及び水平方向の右心境界の最小値CRを検索するステップと、胸部画像の心臓胸郭比（CTR）を、式CTR＝(CL－CR)／(TL－R)×100％により計算するステップとを備える。

【００１０】

本発明の更に別の面によれば、胸部画像の心臓胸郭比を自動的に測定する装置は、上述の境界発見方法により、胸部画像中の左肺境界、右肺境界、左横隔膜、右横隔膜、左心境界及び右心境界を検出する手段と、水平方向の左肺境界の最大値TL、水平方向の右肺境界の最小値TR、水平方向の左心境界の最大値CL及び水平方向の右心境界の最小値CRを検索する手段と、胸部画像の心臓胸郭比（CTR）を、式CTR＝(CL－CR)／(TL－TR)×100％により計算する手段とを備える。

【００１１】

又、本発明は、胸部画像における境界を検出するための機械可読コンピュータプログラムコードによって符号化され、本発明による方法をプロセッサに実現させるための命令を含む記憶媒体を更に提供する。

【発明の効果】

【００１２】

本発明の方法、装置及び記憶媒体によれば、胸部画像における関心境界を精密に識別できる。従って、胸部画像中の境界は、心臓及び肺の情報を自動的に検出するときに使用できる。

【００１３】

尚、本発明の他の特徴及び利点は、本発明の原理を例として示す添付の図面と関連させて、以下の好ましい実施形態の説明を読むことにより、更に明らかになるであろう。

【発明を実施するための最良の形態】

【００１４】

以下、添付の図面を参照して本発明の好適な実施形態を説明する。尚、以下の説明中、左右の定義は、例外なく画像の側から見た向きであり、図面を見る者からは反対の向きになる。

【００１５】

図３は、６つのターゲット境界を検出する方法の概要を示すフローチャートである。方法はステップ１０１で始まる。ステップ１０２において、ノイズを低減するため又は画像を強調するために、胸部画像が前処理される。例えば、胸部画像は、画像ノイズを低減するために収縮及び平滑化され、画像を強調するためにイコライゼーション処理（equalization）される。

【００１６】
ステップ１０３において、画像のランドマーク線が検索される。ランドマークを検索する方法はいくつかあるが、ここでは、それらの方法のうちの１つを説明する。
【００１７】
図１Ａは、胸部画像及びその正中線を示し、図１Ｂは、図１Ａの胸部画像の水平方向のプロジェクトプロファイルを示す。この場合のランドマーク線は、図１Ａに示されるように画像中の正中線（midline）である。
各胸部画像における正中線の場所を判定するために、水平方向グレイレベルプロファイルが解析される。本方式全体を通して、正中線位置は、胸部の右半分と左半分とを識別するために使用される。
水平方向のプロジェクトプロファイルは、図１Ｂに示すように獲得される。肺画像の特徴から、プロファイルは３つのピークを有し、中央ピークの位置がランドマーク線位置である。
【００１８】
図２には、６つのターゲット曲線、すなわち、左肺境界、右肺境界、左横隔膜、右横隔膜、左心境界及び右心境界が示される。６つのターゲット曲線は、位置に関して相互認識関係を有するため、検索の順序は、認識の困難度のレベルから肺境界、横隔膜、心臓境界の順となる。境界線ごとに、まずその複数の候補線を取り出し、次に正しい線を確認する。
【００１９】
ステップ１０４において、左肺境界候補線及び右肺境界候補線が取り出される。ステップ１０５において、左肺境界及び右肺境界が確認される。ステップ１０６において、左横隔膜候補線及び右横隔膜候補線が取り出される。ステップ１０７において、左横隔膜及び右横隔膜が確認される。ステップ１０８において、左心境界候補線及び右心境界候補線が取り出される。ステップ１０９において、左心境界及び右心境界が確認される。こうして６つの境界線が発見された後、ステップ１１０で処理は終了する。
【００２０】
境界のうちの１つを発見するために、６つの境界線の全てが、境界の一方の側は明るく、他方の側は暗いという同一の特性を有することから境界の方向に関連する差分画像を獲得し；ノイズを低減するために、中央値フィルタ（median filter）又は平均フィルタ（average filter）により画像をフィルタリングし；次に、画像の特徴に従って、閾値により画像を２値化し；その後、２値画像中の画素を調べて境界になる可能性を有する画素のみを維持し；次に、境界の連結性の改善を補助するために画像を膨張（dilate）し；最後に、エッジ追跡により候補境界線を取り出す。候補境界線が獲得された後、主に境界線の位置によって正しい境界線が確認され且つ修正される。そのフローチャートは、図４に示される。
【００２１】
６つの境界線を検索する手順は、図４に示される手順と同一であるが、境界線独自の特性に従って、差分方向、行列サイズ、検査条件などの詳細なパラメータに幾分かの相違がある。
図４からわかるように、境界線のうちの１つを発見するためのフローチャートは、２つの部分に分割される。フローチャートの第１の部分は、図３のステップ１０４、１０６及び１０８の各ステップに相当する。フローチャートの第２の部分は、図３のステップ１０５、１０７及び１０９の各ステップに相当する。
図４のフローチャートを詳細に説明するために、図６Ａ～図６Ｊを参照する。図６Ａ～図６Ｊの各図は、左肺境界を発見するときに図４のフローチャートの各ステップから得られた中間結果画像である。
【００２２】
図４のフローチャートは、ステップ２０１で始まる。胸部画像の正中線が検索された後、ステップ２０２において、差分画像を獲得するために前処理画像における隣接画素間の

グレイ値差が計算される。胸部画像からわかるように、左肺境界の左側は、左肺境界の右側より明るくなる。従って、左肺境界を発見するときには、差分画像の画素（ｘ，ｙ）の画素値を獲得するために、前処理画像における左画素（ｘ＋１，ｙ）の画素値から右画素（ｘ－１，ｙ）の画素値が減算される（計算の方向は、左から右と定義される）。そして、左肺境界を強調するように差分画像のグレイ値は、線形変換により０～Ｌグレイ値空間に変換される。図６Ａは、ステップ２０２の処理結果として得られた画像である。

【００２３】

また、右肺境界を発見するときには、右肺境界の右側が右肺境界の左側より明るくなる。そこで、差分画像の画素（ｘ，ｙ）の画素値を獲得するために前処理画像における右画素（ｘ－１，ｙ）の画素値から左画素（ｘ＋１，ｙ）の画素値が減算される（計算の方向は、右から左と定義される）。そして、右肺境界を強調するように差分画像のグレイ値は、線形変換により０～Ｌグレイ値空間に変換される。

【００２４】

以上のように、差分画像は、発見されるべき境界線の方向に従って計算される。境界線の一方の側がより明るければ、隣接画素のグレイレベル差を計算する方向は、発見されるべき境界線のより明るい側から暗い側へ向かう方向である。

【００２５】

ステップ２０３は、差分処理の後、境界を更に顕著にするための伸張ステップである。ステップ２０３において、差分画像のヒストグラムが計算され、最大値位置ＭＰが獲得される。そして、ヒストグラムを（ＭＰ～Ｌ）から（０～Ｌ）へ伸張する。図６Ｂは、ステップ２０３の処理結果として得られた画像である。

【００２６】

ステップ２０４において、ノイズを低減してターゲットを強調するために、上記伸張画像は、３×７平均フィルタによりフィルタリングされる。尚、フィルタは、平均フィルタ、中央値フィルタ、或は他のフィルタであってもよい。また、フィルタは、ターゲットとしている境界の特性に従って選択されるべきである。図６Ｃは、ステップ２０４の結果として得られた画像である。

【００２７】

ステップ２０５において、正中線の左側が関心領域（ＲＯＩ）として定義される。ＲＯＩの平均グレイ値に従って、２値化閾値が定義される。フィルタリング画像において、ＲＯＩは、その２値化閾値に従って２値化される。画像の残りの部分は０に設定される。図６Ｄは、ステップ２０５の処理結果として得られた画像である。

【００２８】

ターゲットである左肺境界は、高いグレイレベルを有する領域のうちの１つの外側エッジ上に位置する。このため、ステップ２０６において、高いグレイレベルを有する領域の外側エッジが取り出される。図６Ｅは、ステップ２０６の処理結果として得られた画像である。

【００２９】

左肺境界線は、高いグレイレベルを有する領域のうちの１つの左上側に位置しているので、高いグレイレベルを有する領域の外側エッジを取り出すために、次の方法が実行されてもよい。

左側に位置する画素が０であり、左上又は左下の画素は０であり、右側の画素は２５５であり且つ右上又は右下の画素は２５５であるという特徴を有する画素を検索し；

検索された画素のグレイレベルを２５５に設定し；

上記の特徴を持たない画素のグレイレベルを０に設定する。

【００３０】

高いグレイレベルを有する領域の外側エッジを取り出すための上述の方法は、境界の特性に従って変形される。

例えば、右肺境界を取り出す場合には、上述の方法は、次のように変更されるであろう。

右側に位置する画素が０であり、右上又は右下の画素は０であり、左側の画素は２５５であり且つ左上又は左下の画素は２５５であるという特徴を有する画素を検索し；
検索された画素のグレイレベルを２５５に設定し；
上記の特徴を持たない画素のグレイレベルを０に設定する。
【００３１】
又、右横隔膜境界又は左横隔膜境界を取り出す場合には、上述の方法は次のように変更されるであろう。
上に位置する画素が０であり、右上又は左上の画素は０であり且つ左下又は右下の画素は２５５であるという特徴を有する画素を検索し；
検索された画素のグレイレベルを２５５に設定し；
上記の特徴を持たない画素のグレイレベルを０に設定する。
【００３２】
又、右心境界を取り出す場合には、上述の方法は次のように変更されるであろう。
右側又は右上又は左上に位置する画素が０であり且つ左の画素は２５５であるという特徴を有する画素を検索し；
検索された画素のグレイレベルを２５５に設定し；
上記の特徴を持たない画素のグレイレベルを０に設定する。
【００３３】
更に、左心境界を取り出す場合には、上述の方法は次のように変更されるであろう。
左側又は左上又は左下に位置する画素が０であり且つ右の画素は２５５であるという特徴を有する画素を検索し；
検索された画素のグレイレベルを２５５に設定し；
上記の特徴を持たない画素のグレイレベルを０に設定する。
【００３４】
ステップ２０６から得られた検索画素は、高いグレイレベルを有する領域のいくつかのエッジを形成する。ステップ２０６から得られるエッジは連結していない可能性があるので、ステップ２０７において、画像は、連結性を確保するために３×５演算子により膨張される。図６Ｆは、ステップ２０７の結果として得られた画像である。
【００３５】
尚、画像を膨張するために使用される演算子を、発見されるべき境界の特性に従って変更するようにしてもよい。例えば、左横隔膜及び右横隔膜を発見する場合、画像は、３×３演算子により膨張され、右心境界を発見する場合には、画像は３×５演算子により膨張され、左心境界を発見する場合には、画像は３×４演算子により膨張される。
【００３６】
ステップ２０８において、候補境界線を獲得するために、膨張された外側エッジが追跡される。ここで得られる曲線は、図６Ｇに示されるような閉曲線である。
【００３７】
ステップ２０９において、発見されるべき境界線の特性に従って候補境界線から正しい境界線が選択される。この選択は、例えば以下のようになされる。即ち、長すぎる候補又は短すぎる候補を排除し、ランドマーク線又は既に検出された境界線に関して適正な位置情報を持たない候補境界線を排除する。生理的側面から、胸郭のラインと横隔膜のラインが参照され得る。この参照に基づいて、それらのうちのひとつが他方を確定するのに有効である。通常、検出の困難さから、横隔膜のラインの前に胸郭のラインが検出され、その後、胸郭のラインが横隔膜のラインを獲得するために利用される。心臓のラインは見つけ出すのが最も困難である。しかしながら、横隔膜のラインと心臓のラインの位置関係が参照され得るので、検出済みの横隔膜のラインを心臓のラインを得るのに利用することができる。横隔膜のラインが取得されていない場合は、心臓のラインを見出すために、胸郭のラインを横隔膜のラインの代わりに用いることができる。（胸郭のラインと心臓のラインとの間の距離は、横隔膜のラインと心臓のラインとの間の距離よりも長いため、胸郭のラインは横隔膜のラインが検出されていない場合にのみ利用される。）そして、残った候補

境界線の中で、最も適正な位置情報を有する曲線を正しい境界線であるとして選択する。例えば、左肺境界線を発見する場合、経験閾値より短い候補を削除し、全ての左肺候補境界線と比較して水平方向に正中線に対して最短距離を有する閉曲線があれば、その閉曲線を正しい境界として選択することにより、正しい境界線が選択される。正しい左肺境界線は図６Ｈに示される。ステップ２０９において選択される正しい境界線は、閉曲線である。

【００３８】

他の例として、右心境界を選択する場合、右横隔膜境界が検出されているならば、心臓の境界線は次の３つのステップにより確定される（図８を参照）。

１）心臓境界の候補の中央（Center）から右横隔膜境界の中央までの高さの差分Dhtが画像高さの１／３２以上でなければならない（なお、中央とは境界線におけるすべての位置の座標の平均の位置を意味する）、

２）心臓境界の候補の中央から右横隔膜境界上の正中線（midline）に最も近い位置（Nearest Point）までの差分Dhzが画像幅の１／６より小さくなければならない、

３）ステップ１，２によりフィルタリングされた後に残ったすべての候補のうち最も低い位置（Lowest Point）を含む候補が心臓境界として確定される。

【００３９】

一方、右横隔膜境界が検出されていない場合、右心境界は、右胸郭境界に基づいて次の２つのステップによって確定される。

１）右心境界の候補の中央は、右胸郭境界の中央よりも、正中線に近い、

２）ステップ１によってフィルタリングされた後に残ったすべての候補のうち胸郭境界の最下点に最も近い位置を含む候補を心臓境界として確定する。

【００４０】

ステップ２１０において、選択された閉曲線は２本の線に分割され、２本の線のうちの一方が境界線として選択される。左肺境界を発見する場合、ステップ２０９で得られた閉曲線の中で、正中線の最上点までの距離が最も短い地点が起点として選択され、閉曲線の最下方の地点点が終点として選択される。この起点と終点が閉曲線を２つの部分に分割する。そして、より短いほうの部分が最終的に境界線として選択される。

１つの境界線を発見する処理は、ステップ２１１で終了する。

【００４１】

図５は、図４に示される本発明の方法を実現するための装置のブロック図を示す。

装置は、差分画像発生器５０１、画像伸張器５０２、画像フィルタ５０３、２値画像発生器５０４、外側エッジ発見器５０５、外側エッジ膨張器５０６、外側エッジ追跡器５０７、候補境界線選択器５０８及び最終境界線発生器５０９を具備し、これらの構成要素は直列に接続される。

【００４２】

胸部画像が装置に入力された後、差分画像発生器５０１は、差分画像を獲得するために入力画像における隣接画素のグレイ値差を計算する。この差分処理の後、境界を更に顕著に目立たせるために、差分画像は画像伸張器５０２により伸張される。ノイズを低減しターゲットを強調するために、伸張画像は、画像フィルタ５０３によりフィルタリングされる。２値画像発生器５０４は、ＲＯＩの平均グレイ値に従って２値化閾値を定義し、２値化画像を獲得するために、２値化閾値に従ってＲＯＩ中のフィルタリング画像を２値化する。外側エッジ発見器５０５は、高いグレイレベルを有する領域の外側エッジを取り出す。外側エッジ発見器５０５により獲得されたエッジは連結していない可能性があるので、外側エッジ発見器５０５により取り出された外側エッジは、連結性を確保するために外側エッジ膨張器５０６により膨張される。膨張された外側エッジは、候補境界線を獲得するために外側エッジ追跡器５０７により追跡される。候補境界線選択器５０８は、発見されるべき境界線の特性に従って候補境界線の中から正しい境界線を選択する。候補境界線選択器５０８は、例えば、まず長すぎる候補又は短すぎる候補を排除し、ランドマーク線又は既に発見済みとなっている境界線に関して適正な位置情報を持たない候補境界線を排除

する。そして、残る候補境界線の中で、閉曲線である正しい境界線になるための最も適正な位置情報を有する曲線を選択することにより、正しい境界線を選択する。最終境界線発生器５０９は、閉曲線を２本の線に分割し、それら２本の線のうちの一方を最終境界線として選択する。

【００４３】

ここまで、胸部画像において１本の境界線を発見する方法及び装置を詳細に説明した。この方法及び装置が肺境界、横隔膜及び心臓境界を発見するために使用される場合には、発見されるべき境界線の特性に従って、ステップごと又は構成要素ごとにいくつかのパラメータが適切に変更されるべきである。変更されるべきパラメータとしては、例えば、差分計算を実行するための方向、フィルタリングステップで使用されるフィルタ、エッジを取り出すための基準及びエッジを膨張するための演算子が挙げられる。

【００４４】

図７は、本発明の応用を示す。図７からわかるように、胸部画像上に６本の境界線が見いだされている。自動化ＣＴＲ（心臓胸郭比）測定又は心臓及び肺に関する他の臨床治療において、それらの境界線を使用することができる。例えば、ＣＴＲ値を測定する場合、水平方向の左肺境界の最大値TL、水平方向の右肺境界の最小値TR、水平方向の左心境界の最大値CL及び水平方向の右心境界の最小値CRが検索される。そして、ＣＴＲは、次の式により計算される。

$$CTR = (CL - CR) / (TL - TR) \times 100\%$$

図７の胸部画像においては、計算上のＣＴＲは４６．１５％に等しい。

【００４５】

発明者は、約１５０枚の胸部画像（鮮明な画像及び鮮明でない画像を含む）に対して方法を試験した。その結果はかなり良好である。そのことは、以下の表から見て取ることができ、処理時間は非常に短い。

【００４６】

【表１】

5	問題なし
4.5	線の一部を検出したが、その部分線から正しい結果を獲得できる
4	１本の線を検出したが、わずかなゆがみがある
3	１本の線を検出したが、ＣＴＲの結果に影響を及ぼす可能性があるいくつかのゆがみがある
2	１本の線を検出したが、誤差は非常に大きい
1	１本の線を検出したが、間違った線である
0	この線を検出しなかった

【００４７】

【表２】

画像名	左肺境界	右肺境界	左横隔膜	右横隔膜	左心境界	右心境界	ＣＴＲ
001	5	5	4.5	4	4.5	5	0.47
006	5	5	5	5	5	4	0.37
007	5	5	5	4.5	4.5	5	0.49
008	5	5	5	5	4.5	4.5	0.42
009	4.5	4.5	5	5	4.5	4.5	0.49
015	5	5	5	4	4.5	4.5	0.47
018	4.5	5	4	4.5	4	5	0.41
019	5	4.5	5	5	5	4.5	0.47
020	5	5	5	5	5	4.5	0.43
028	5	5	4.5	4.5	4	4.5	0.47
031	5	5	4	4.5	4.5	5	0.47
032	5	5	4	5	4.5	5	0.47
037	5	5	5	4.5	5	5	0.54
047	5	5	4	4	4	5	0.53
050	5	5	4	4.5	4.5	5	0.48
051	5	5	4.5	4.5	4.5	5	0.53
057	5	5	4.5	4.5	5	5	0.48
058	5	5	4	4.5	5	4.5	0.44
060	4	5	4	5	4	4.5	0.55
...	...	...	...	...	...	...	...
150	5	4.5	4.5	4.5	4.5	5	0.45

【００４８】

図９は、図３及び図４に示される方法を実現できる画像処理システムを概略的に示す。図９に示される画像処理システムは、ＣＰＵ（中央処理装置）８０１、ＲＡＭ（ランダムアクセスメモリ）８０２、ＲＯＭ（読み取り専用メモリ）８０３、システムバス８０４、ＨＤ（ハードディスク）コントローラ８０５、キーボードコントローラ８０６、シリアルポートコントローラ８０７、パラレルポートコントローラ８０８、ディスプレイコントローラ８０９、ハードディスク８１０、キーボード８１１、撮影装置（イメージャ）８１２、プリンタ８１３及びディスプレイ８１４を具備する。これらの構成要素の中で、システムバス８０４に接続されるのは、ＣＰＵ８０１、ＲＡＭ８０２、ＲＯＭ８０３、ＨＤコントローラ８０５、キーボードコントローラ８０６、シリアルポートコントローラ８０７、パラレルポートコントローラ８０８及びディスプレイコントローラ８０９である。ハードディスク８１０はＨＤコントローラ８０５に接続され、キーボード８１１はキーボードコントローラ８０６に接続され、撮影装置８１２はシリアルポートコントローラ８０７に接続され、プリンタ８１３はパラレルポートコントローラ８０８に接続され、ディスプレイ８１４はディスプレイコントローラ８０９に接続される。

【００４９】

図９の各構成要素の機能は、当該技術においてよく知られており、図９に示される構造は従来通りである。そのような構造は、パーソナルコンピュータに適用されるばかりではなく、パームＰＣ、ＰＤＡ（パーソナルデータアシスタント）などのハンドヘルド装置にも適用され得る。様々に異なる用途において、図９に示される構成要素の一部は省略されてもよい。アプリケーションソフトウェアがＥＰＲＯＭ又は他の不揮発性メモリに格納される場合、ＨＤコントローラ８０５及びハードディスク８１０を省略できるであろう。

【００５０】
図９に示されるシステム全体は、コンピュータ可読命令により制御される。それらの命令は、通常、ハードディスク８１０（又は先に述べた通り、ＥＰＲＯＭ又は他の不揮発性メモリ）にソフトウェアとして格納される。ソフトウェアは、ネットワーク（図示せず）からダウンロードされてもよい。ハードディスク８１０に保管されるか又はネットワークからダウンロードされるソフトウェアは、ＲＡＭ８０２にロードされ、ソフトウェアにより定義される機能を実現するために、ＣＰＵ８０１により実行される。
【００５１】
図３及び図４に示されるフローチャートに基づいて、ソフトウェアの１つ以上の部分を開発することは、当業者にとって発明的作業を含むものではない。そのようにして開発されたソフトウェアは、図３及び図４に示される画像を処理する方法を実行する。
【００５２】
ある意味で、図９に示される画像処理システムは、図３及び図４に示されるフローチャートに基づいて開発されたソフトウェアによる支援を受ければ、図５に示される画像を処理する装置と同一の機能を実現する。
【００５３】
尚、本発明は、胸部画像における境界線を検出するための機械可読コンピュータプログラムコードによって符号化され、本発明に従った方法をプロセッサに実現させるための命令を含む記憶媒体を更に提供する。記憶媒体は、フロッピー（登録商標）ディスケット、ＣＤ‐ＲＯＭ、ハードドライブ（例えば、図９のハードディスク８１０）などのどのような実在の媒体であってもよい。
【００５４】
以上、本発明の特定の実施形態に関して説明したが、それらは単なる例示であり、本発明の原理から逸脱せずに、それらの実施形態の変更を実施でき、本発明の範囲が添付の特許請求の範囲により規定されることは、当業者には理解されるであろう。
【図面の簡単な説明】
【００５５】
【図１Ａ】胸部画像及びその正中線を示す図である。
【図１Ｂ】図１Ａの胸部画像の水平方向のプロジェクトプロファイルを示す図である。
【図２】胸部画像において発見されるべき６つのターゲット境界、すなわち、左肺境界、右肺境界、左横隔膜、右横隔膜、左心境界及び右心境界を示す図である。
【図３】６つのターゲット境界を検出する方法の概要を示すフローチャートである。
【図４】本発明の第１の実施形態に従ってターゲット境界のうちの１つを検出する方法の詳細なフローチャートである。
【図５】図４に示される本発明の方法を実現する装置のブロック図である。
【図６Ａ】図１Ａに示される胸部画像に適用された差分処理の結果を明示する差分画像である。
【図６Ｂ】図６Ａに示される差分画像に適用された伸張処理の結果を明示する伸張画像である。
【図６Ｃ】図６Ｂに示される伸張画像に適用されたフィルタ処理の結果を明示するフィルタリング画像である。
【図６Ｄ】図６Ｃに示されるフィルタリング画像の左半分に適用された２値化処理の結果を明示する２値画像である。
【図６Ｅ】図６Ｄに示される２値画像に適用されたモルフォロジー演算の結果を明示する境界画像である。
【図６Ｆ】図６Ｅに示される境界画像に適用された膨張処理の結果を明示する膨張画像である。
【図６Ｇ】図６Ｆに示される膨張画像に適用されたエッジ追跡処理の結果を明示するエッジ追跡画像である。
【図６Ｈ】エッジの特性に従って、図６Ｇの曲線から正しい境界として選択された閉曲線

を示す図である。
【図６Ｉ】図６Ｈに示される閉曲線から選択された１つの境界を示す図である。
【図６Ｊ】元の胸部画像の上に選択された境界を示す図である。
【図７】本発明の応用を示す図である。
【図８】検出された右横隔膜境界に基づいて右心境界を確定する方法を示す図である。
【図９】図３及び図４に示される本発明の方法を実現するための画像処理システムを概略的に示すブロック図である。

【図３】

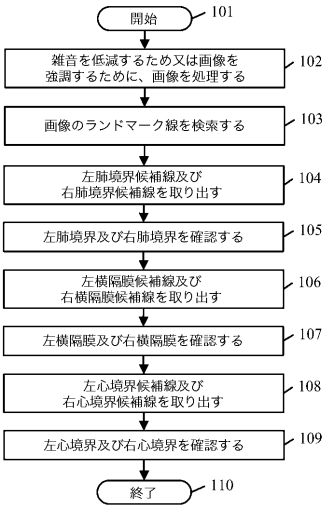


FIG. 3

【図４】

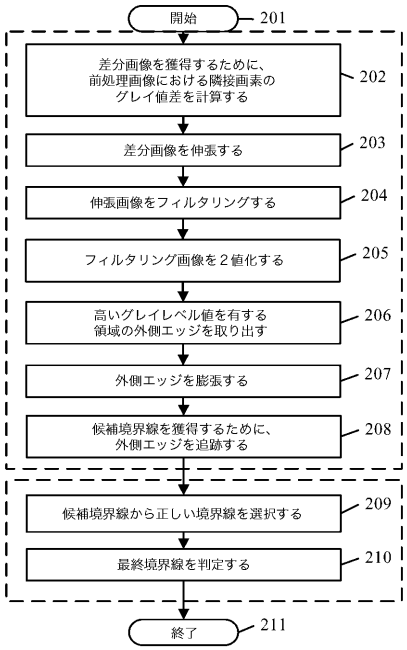


FIG. 4

【図５】

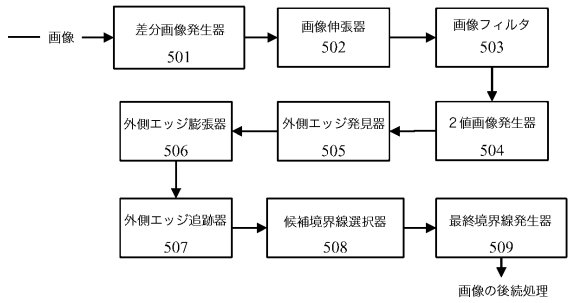


FIG. 5

【図９】

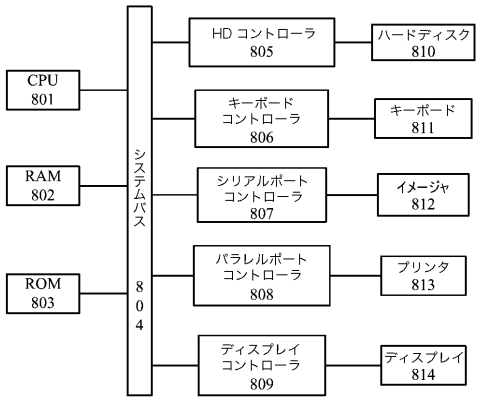


FIG. 9

【図１Ａ】

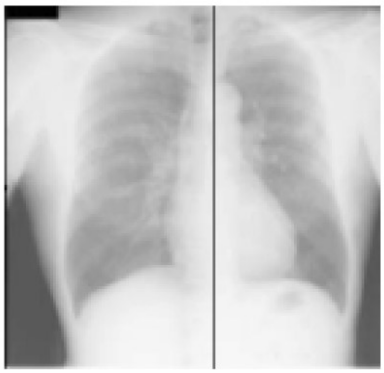


FIG. 1A

【図１Ｂ】

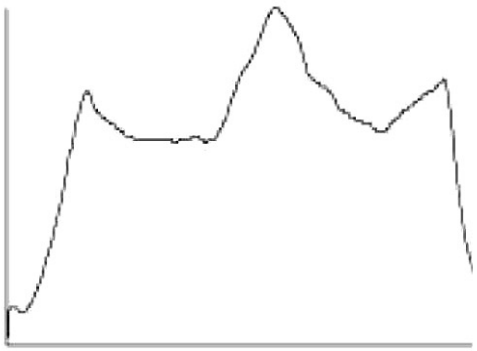


FIG. 1B

【図２】

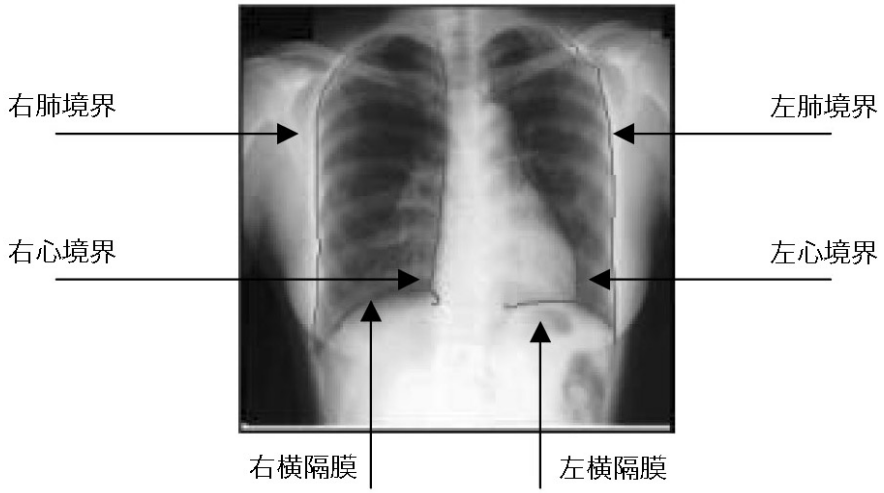


FIG. 2

【図６Ａ】



FIG. 6A

【図６Ｂ】



FIG. 6B

【図６Ｃ】

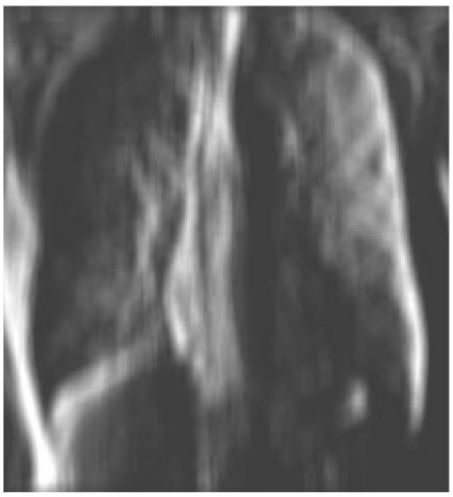


FIG. 6C

【図６Ｄ】



FIG. 6D

【図６Ｅ】

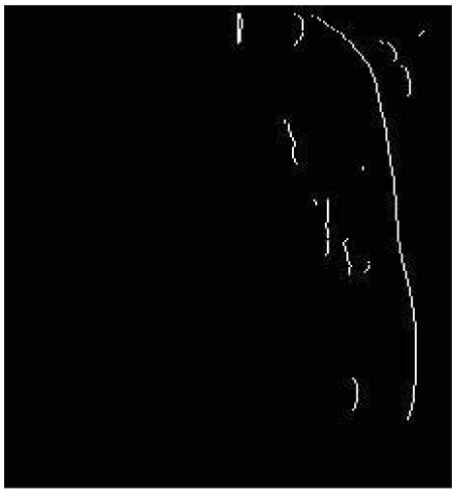


FIG. 6E

【図６Ｆ】

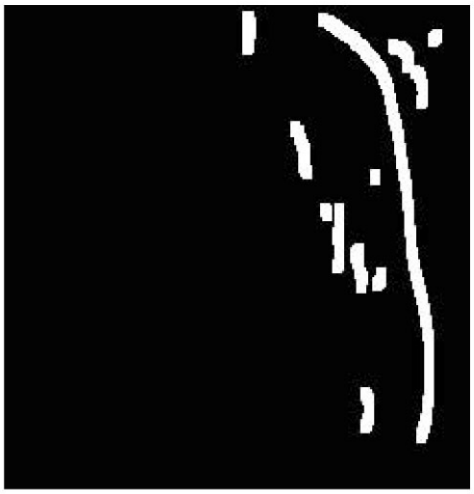


FIG. 6F

【図６Ｇ】

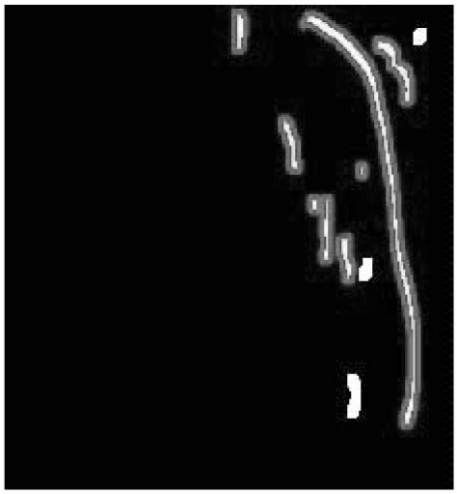


FIG. 6G

【図６Ｈ】

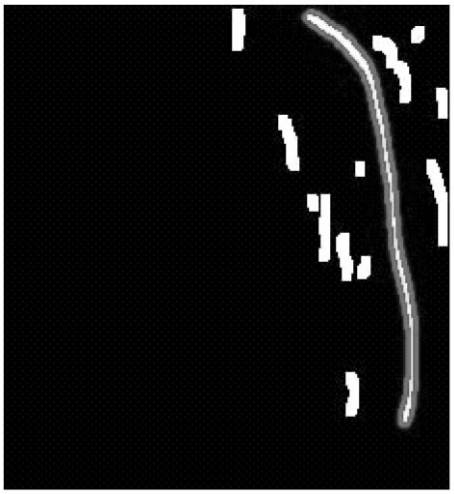


FIG. 6H

【図６Ｉ】

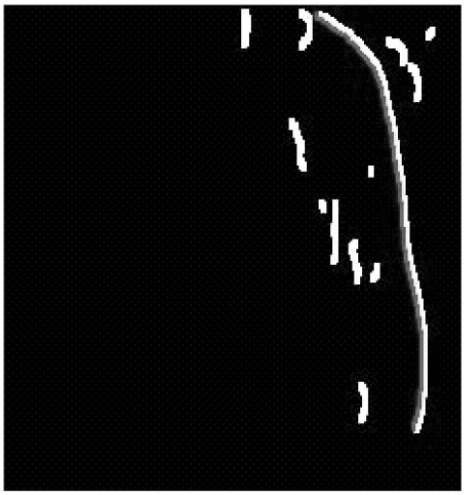


FIG. 6I

【図６Ｊ】

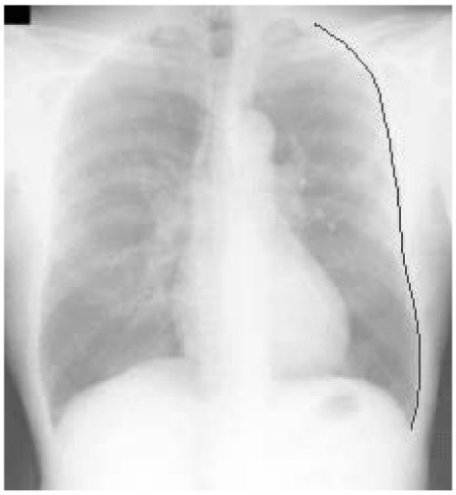


FIG. 6J

【図７】

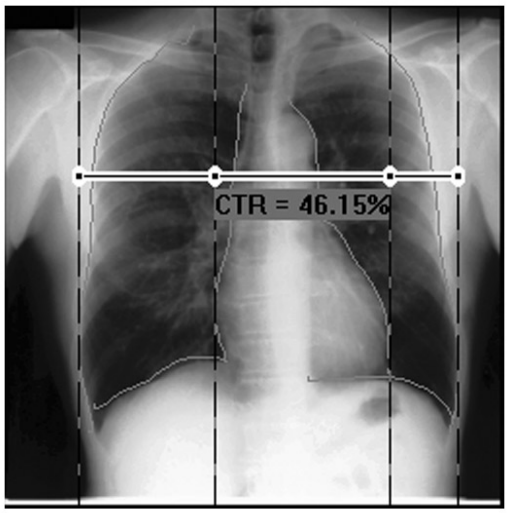


FIG. 7

【図８】

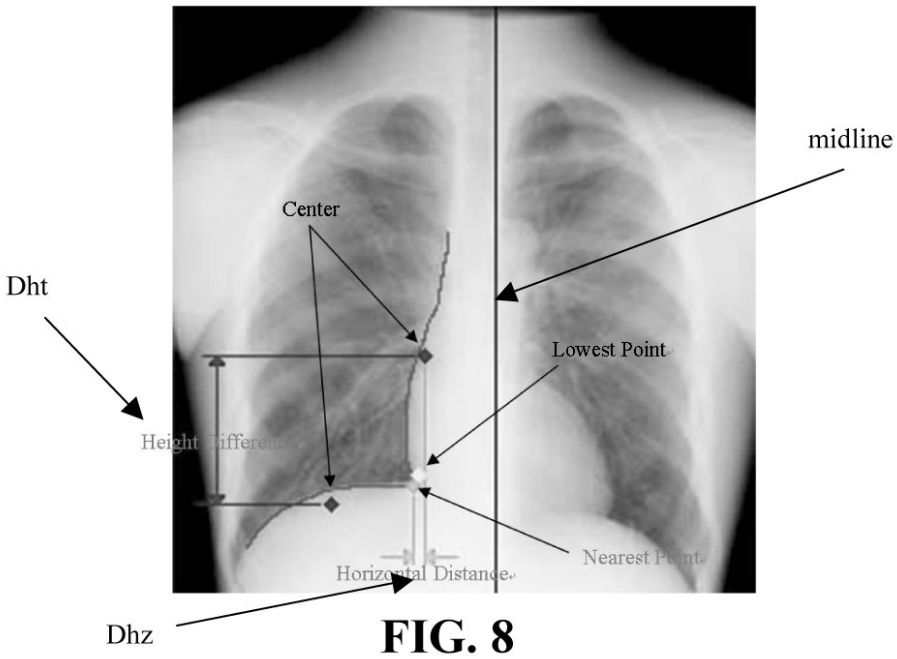

midline
Center
Dht
Lowest Point
Height Difference
Nearest Point
Horizontal Distance
Dhz

FIG. 8

フロントページの続き

(72)発明者 ダウェイ ウ
中華人民共和国 ベイジン １０００８０, ハイディアン ディストリクト, ベイスホワン ロード, ナンバー９, イング ビルディング, エフ１２エー キヤノン インフォメーション テクノロジー（ベイジン）コーポレーション リミテッド内
(72)発明者 ミャオ ペン
中華人民共和国 ベイジン １０００８０, ハイディアン ディストリクト, ベイスホワン ロード, ナンバー９, イング ビルディング, エフ１２エー キヤノン インフォメーション テクノロジー（ベイジン）コーポレーション リミテッド内

審査官 原 俊文

(56)参考文献 特表２００２－５０３８６１（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－３３５２７１（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－３３１３８５（ＪＰ，Ａ）
特開２００２－３６６９６１（ＪＰ，Ａ）
特開２００２－１７７２４９（ＪＰ，Ａ）
特開２００３－００６６６１（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２００４／０３６５００（WO，Ａ２）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ａ６１Ｂ ６／００
Ｇ０６Ｔ １／００