

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6363197号
(P6363197)

(45) 発行日 平成30年7月25日(2018.7.25)

(24) 登録日 平成30年7月6日(2018.7.6)

(51) Int.Cl.

A61B 6/03 (2006.01)
GO1T 1/161 (2006.01)

F 1

A 6 1 B 6/03 3 6 0 G
G O 1 T 1/161 D

請求項の数 17 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2016-536252 (P2016-536252)
 (86) (22) 出願日 平成26年11月28日 (2014.11.28)
 (65) 公表番号 特表2016-538945 (P2016-538945A)
 (43) 公表日 平成28年12月15日 (2016.12.15)
 (86) 國際出願番号 PCT/IB2014/066413
 (87) 國際公開番号 WO2015/083050
 (87) 國際公開日 平成27年6月11日 (2015.6.11)
 審査請求日 平成29年11月24日 (2017.11.24)
 (31) 優先権主張番号 61/911,503
 (32) 優先日 平成25年12月4日 (2013.12.4)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 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 アーネー アイン
 ドーフェン ハイテック キャンパス 5
 High Tech Campus 5,
 NL-5656 AE Eindhoven
 (74) 代理人 110001690
 特許業務法人M&Sパートナーズ

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像データ処理

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

画像データを処理するための方法であって、当該方法は、
 3Dボリューム画像データの第1のセットを取得するステップであって、前記第1のセットがボクセルの第1のボリュームを含み、各ボクセルが強度を有し、3Dボリューム画像データの前記第1のセットは、コンピュータ断層撮影、陽電子放射断層撮影、又は単一光子放射コンピュータ断層撮影のうちの1つによって生成されるステップと、
 前記第1のボリュームの各ボクセルに関する局所ボクセルノイズ推定量を取得するステップと、
 不透明度伝達関数に信頼値 $C = e \times p (-0.5 * {}_0^2 / {}_0^2)$ を乗算することにより、各ボクセルに関して不透明度値を決定するステップであって、ここで、 ${}_0^2$ が、前記局所ボクセルノイズ推定量であり、 ${}_0^2$ が、グローバルノイズ推定量であり、Cが、0 ~ 1の区間内の値を有するステップと、

前記3Dボリューム画像データの各ボクセルに関して、色値、前記不透明度値、及び勾配値を組み合わせて、各ボクセルに関するノイズ重み付けされたレンダリング寄与を生成することによって、前記ボクセルの前記強度と、前記ボクセルの前記局所ボクセルノイズ推定量とに少なくとも基づいて、ボクセルの前記第1のボリュームを処理するステップとを含む方法。

【請求項 2】

各ボクセルに関する対応する前記局所ボクセルノイズ推定量を使用して、3Dボリュー

10

20

ム画像データの前記第1のセットの各ボクセルに関する少なくとも1つの光学的特性を決定するステップと、

前記少なくとも1つの光学特性に基づいて、3Dボリューム画像データの前記第1のセットを2D平面に投影するステップと
を更に含む、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記処理するステップが、更に、
前記色値を決定するステップと、
近傍のボクセルの強度値と、前記近傍のボクセルの局所ボクセルノイズ推定量に基づいて、前記勾配値を決定するステップと
を含む、請求項1に記載の方法。 10

【請求項4】

ボクセルの前記勾配値を決定するステップが、各近傍のボクセルの重み付け強度を線又は平面に当てはめるステップを含み、前記重みが、前記信頼値に基づく、請求項3に記載の方法。

【請求項5】

前記信頼値が、前記局所ボクセルノイズ推定量から導出される、請求項1に記載の方法。
。

【請求項6】

前記処理するステップが、更に、
3Dボリューム画像データの前記第1のセットを通して、2D画素アレイの各画素から光線を投射するステップと、
画素毎に、前記対応する光線が横切る各ボクセルに関する前記ノイズ重み付けされたレンダリング寄与を組み合わせて、各画素に関する合成値を生成するステップと、
前記画素の前記合成値を表示するステップと
を含む、請求項3に記載の方法。 20

【請求項7】

3Dボリューム画像データの第2のセットを取得するステップであって、前記第2のセットが、ボクセルの第2のボリュームを含み、各ボクセルが強度を有するステップと、
前記第2のボリュームの各ボクセルに関して局所ボクセルノイズ推定量を取得するステップと
を更に含み、
前記処理するステップが、更に、 30

前記第1及び第2のボリュームのボクセルの前記強度と前記局所ボクセルノイズ推定量とを含む位置合わせアルゴリズムに少なくとも基づいて、3Dボリューム画像データの前記第1及び第2のセットを位置合わせするステップ
を含む、
請求項1に記載の方法。

【請求項8】

前記位置合わせアルゴリズムが、局所ボクセルノイズ推定量の平方の合計に対する前記強度の平方差の比の合計を最小化することを含む、請求項7に記載の方法。 40

【請求項9】

前記位置合わせアルゴリズムが、二変量ヒストグラムの負のエントロピーを最大化することを含み、前記二変量ヒストグラムが、信頼値だけ増分され、前記信頼値が、前記第1及び第2のボリュームの前記ボクセルの前記局所ボクセルノイズ推定量に反比例する、請求項7に記載の方法。

【請求項10】

$\sigma^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2$ であり、 σ_1^2 が、前記第1のボリュームの前記ボクセルの個別局所ボクセルノイズ推定量であり、 σ_2^2 が、前記第2のボリュームの前記ボクセルの個別局所ボクセルノイズ推定量である、請求項9に記載の方法。 50

【請求項 1 1】

前記位置合わせアルゴリズムが、局所相関 $\text{cov}(I_1, I_2) / \sqrt{\text{var}(I_1) * \text{var}(I_2)}$ を最大化することを含み、共分散及び分散が、空間的に変化する重みを使用して重み付けされ、 I_1 が、前記第 1 のボリュームに関する強度であり、 I_2 が、前記第 2 のボリュームに関する強度である、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 1 2】

空間的に変化する重みを、 $\exp(-0.5 * r^2 / r_0^2)$ と $\exp(-0.5 * (r_1^2 + r_2^2) / r_0^2)$ との積として計算するステップであって、 r が、径方向ユークリッド距離であるステップ

を更に含む、請求項 1 1 に記載の方法。

10

【請求項 1 3】

コンピュータプロセッサと、

画像データ処理命令を記憶するメモリとを備える画像データ処理装置であって、前記コンピュータプロセッサが、前記画像データ処理命令を実行し、前記画像データ処理命令が、前記コンピュータプロセッサに、

第 1 の 3D ボリューム画像データを取得することであって、前記第 1 の 3D ボリューム画像データがボクセルの第 1 のボリュームを含み、各ボクセルが強度を有し、前記第 1 の 3D ボリューム画像データは、コンピュータ断層撮影、陽電子放射断層撮影、又は単一光子放射コンピュータ断層撮影のうちの 1 つによって生成されることと、

前記第 1 のボリュームの各ボクセルに関する局所ボクセルノイズ推定量を取得することと、

20

第 2 の 3D ボリューム画像データを取得することであって、前記第 2 の 3D ボリューム画像データがボクセルの第 2 のボリュームを含み、各ボクセルが強度を有し、前記第 2 の 3D ボリューム画像データは、前記コンピュータ断層撮影、前記陽電子放射断層撮影、又は前記単一光子放射コンピュータ断層撮影のうちの 1 つによって生成されることと、

前記第 2 のボリュームの各ボクセルに関する局所ボクセルノイズ推定量を取得することと、

局所ボクセルノイズ推定量の平方の合計に対する前記強度の平方差の比の合計を最小化することを含む位置合わせアルゴリズムを用いて、前記第 1 の 3D ボリューム画像データ及び前記第 2 の 3D ボリューム画像データを位置合わせすることと

30

を実行させ、

前記コンピュータプロセッサが、

前記第 1 の 3D ボリューム画像データの各ボクセルに関して色値を決定し、

前記第 1 の 3D ボリューム画像データの各ボクセルに関して、前記ボクセルの強度値と、前記ボクセルの個別局所ボクセルノイズ推定量とに基づいて、不透明度値を決定し、

前記第 1 の 3D ボリューム画像データの各ボクセルに関して、近傍のボクセルの強度値と、前記近傍のボクセルの個別局所ボクセルノイズ推定量とに基づいて、勾配値を決定し、

各ボクセルに関する前記色値、前記不透明度値、及び前記勾配値を組み合わせて、各ボクセルに関するノイズ重み付けされたレンダリング寄与を生成し、

40

前記第 1 の 3D ボリューム画像データを通して、2D 画素アレイの各画素から光線を投射し、

前記対応する光線が横切る各ボクセルに関する前記ノイズ重み付けされたレンダリング寄与を組み合わせて、各画素に関する合成値を生成し、

前記画素の前記合成値を表示する、

画像データ処理装置。

【請求項 1 4】

コンピュータプロセッサと、

画像データ処理命令を記憶するメモリとを備える画像データ処理装置であって、前記コンピュータプロセッサが、前記画像データ処理命令を実行し、前記画像データ処理命令が

50

、前記コンピュータプロセッサに、

第1の3Dボリューム画像データを取得することであって、前記第1の3Dボリューム画像データがボクセルの第1のボリュームを含み、各ボクセルが強度を有し、前記第1の3Dボリューム画像データは、コンピュータ断層撮影、陽電子放射断層撮影、又は単一光子放射コンピュータ断層撮影のうちの1つによって生成されることと、

前記第1のボリュームの各ボクセルに関する局所ボクセルノイズ推定量を取得することと、

第2の3Dボリューム画像データを取得することであって、前記第2の3Dボリューム画像データがボクセルの第2のボリュームを含み、各ボクセルが強度を有し、前記第2の3Dボリューム画像データは、前記コンピュータ断層撮影、前記陽電子放射断層撮影、又は前記単一光子放射コンピュータ断層撮影のうちの1つによって生成されることと、 10

前記第2のボリュームの各ボクセルに関する局所ボクセルノイズ推定量を取得することと、

を実行させ、

前記コンピュータプロセッサが、

前記第1の3Dボリューム画像データの各ボクセルに関して色値を決定し、

前記第1の3Dボリューム画像データの各ボクセルに関して、前記ボクセルの強度値と、前記ボクセルの個別局所ボクセルノイズ推定量とに基づいて、不透明度値を決定し、

前記第1の3Dボリューム画像データの各ボクセルに関して、近傍のボクセルの強度値と、前記近傍のボクセルの個別局所ボクセルノイズ推定量とに基づいて、勾配値を決定し 20

、各ボクセルに関する前記色値、前記不透明度値、及び前記勾配値を組み合わせて、各ボクセルに関するノイズ重み付けされたレンダリング寄与を生成し、

前記第1の3Dボリューム画像データを通して、2D画素アレイの各画素から光線を投射し、

前記対応する光線が横切る各ボクセルに関する前記ノイズ重み付けされたレンダリング寄与を組み合わせて、各画素に関する合成値を生成し、

前記画素の前記合成値を表示する、
画像データ処理装置。

【請求項15】

前記コンピュータプロセッサがボクセルに関する前記不透明度値を決定することが、不透明度伝達関数に信頼値を乗算することを含み、前記コンピュータプロセッサがボクセルの前記勾配値を決定することが、各近傍のボクセルの前記強度を信頼値で重み付けすることを含み、前記信頼値が、前記個別局所ボクセルノイズ推定量から導出される、請求項13又は14に記載の画像データ処理装置。 30

【請求項16】

前記コンピュータプロセッサが、前記信頼値 $C = e \times p (-0.5 * {}_0^2 / {}_0^2)$ を計算し、ここで、 ${}_0^2$ が、前記局所ボクセルノイズ推定量であり、 ${}_0^2$ が、グローバルノイズ推定量であり、C が、0 ~ 1 の区間内の値を有する、請求項15に記載の画像データ処理装置。 40

【請求項17】

前記コンピュータプロセッサが、不透明度伝達関数に信頼値 $C = e \times p (-0.5 * {}_0^2 / {}_0^2)$ を乗算することにより、各ボクセルに関して前記不透明度値を決定し、ここで、 ${}_0^2$ が、前記局所ボクセルノイズ推定量であり、 ${}_0^2$ が、グローバルノイズ推定量であり、C が、0 ~ 1 の区間内の値を有する、請求項13又は14に記載の画像データ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、概して画像データの処理に関し、より詳細には、個別局所ボクセルノイズ推

定量を使用した画像データの処理に関し、コンピュータ断層撮影（CT : computed tomography）への特定の適用に関して述べられる。しかし、本発明はまた、他の撮像モダリティにも適しており、そのような撮像モダリティは、例えば、陽電子放射断層撮影（PET : positron emission tomography）、単一光子放射コンピュータ断層撮影（SPECT : single photon emission computed tomography）、磁気共鳴（MR : magnetic resonance）、超音波（US : ultrasound）、及び／又は他の撮像モダリティである。

【背景技術】

【0002】

CTスキャナは、一般に、検査領域にわたって位置された検出器アレイの向かい側で、回転可能なガントリに取り付けられたX線管を含む。回転ガントリ、従ってX線管は、検査領域の周りを回転し、X線管は、検査領域及び検査領域内の被験者の一部を横切る放射線を放出する。検出器アレイは、放射線を検出し、その放射線を示す投影データを生成する。再構成装置は、投影データを再構成し、被験者の走査された部分を表現する3Dボリューム画像データを生成する。

10

【0003】

適切な再構成アルゴリズムは、例えば、最大尤度反復再構成（MLIR : maximum likelihood iterative reconstruction）アルゴリズム等の反復再構成アルゴリズムと、フィルタ補正逆投影（FBP : filtered back projection）等の非反復再構成アルゴリズムとを含む。3Dボリューム画像データは、CTに関する相対放射線濃度（及び、それぞれMR、PET、SPECT、USに関する他の材料品質）に対応するグレースケール強度値に関して表現されるボクセルを含む。グレースケール値（強度）は、走査された被験者及び／又は物体の減衰特性を反映し、一般に、走査された患者又は物体内部の解剖学的構造等の構造を示す。

20

【0004】

3Dボリューム画像データは、3Dボリューム画像データの2D投影を生成するように処理され得る。1つのそのような手法は、ダイレクトボリュームレンダリング（DVR : direct volume rendering）である。DVRを用いて、3Dボリューム画像データの各ボクセル値が、色値、不透明度値、及び勾配値にマッピングされる。マッピングされた後、これらの特性をビュー光線に沿って組み合わせてレンダリング画素にすることによって、これらの特性は、3Dボリューム空間から、ディスプレイメニタの画素等の2D画像空間に投影される。別の用途では、2つの異なる画像データセットからの3Dボリューム画像データが、データセットを位置合わせ（又は空間的に整列）するために処理され得る。ボリュームレンダリングと位置合わせとのどちらの用途も、画像ボリュームに関するノイズ推定量に依存する。残念ながら、グローバルノイズパラメータは局所ボクセルレベルを正確には反映しないことがあり、これは、ボリュームレンダリングに関しては、得られる画像品質を劣化させ、位置合わせに関しては、得られる空間的精度を劣化させることがある。

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

40

本明細書で述べられる態様は、上で言及した問題等に対処する。

【課題を解決するための手段】

【0006】

以下、3Dボリューム画像データセットのボクセルグレースケール強度値と個別局所ボクセルノイズ推定量との両方を考慮に入れる画像データ処理手法を述べる。そのような処理は、DVRと画像データ位置合わせとの少なくとも一方を含む。個別局所ボクセルノイズ推定量を考慮に入れることによって、本明細書で述べられる手法は、グローバルノイズ推定量が代わりに使用される構成に比べてDVR及び／又は位置合わせ品質を改良することができる。

【0007】

50

一態様では、画像データを処理するための方法が、3Dボリューム画像データの第1のセットを取得するステップを含む。3Dボリューム画像データは、ボクセルのボリュームを含む。各ボクセルが強度を有する。この方法は、更に、ボリュームの各ボクセルに関する局所ボクセルノイズ推定量を取得するステップを含む。この方法は、更に、ボクセルの強度と、ボクセルの局所ボクセルノイズ推定量とに少なくとも基づいてボクセルのボリュームを処理するステップを含む。

【0008】

別の態様では、画像システムが、コンピュータプロセッサと、画像データ処理命令を記憶するメモリとを備える。このコンピュータプロセッサは、画像データ処理命令を実行し、この命令が、コンピュータプロセッサに、第1の3Dボリューム画像データのボクセル強度と個別局所ボクセルノイズ推定量に基づいて第1の3Dボリューム画像データから2Dダイレクトボリュームレンダリングを生成すること、又は少なくとも第2及び第1の3Dボリューム画像データセットの個別局所ボクセルノイズ推定量に基づいて第2の3Dボリューム画像データ及び第1の3Dボリューム画像データを位置合わせすることの少なくとも一方を実施させる。10

【0009】

別の態様では、コンピュータ可読記憶媒体が、コンピュータ可読命令で符号化され、このコンピュータ可読命令が、プロセッサによって実行されるときに、プロセッサに、第1の3Dボリューム画像データのボクセル強度と個別局所ボクセルノイズ推定量に基づいて第1の3Dボリューム画像データから2Dダイレクトボリュームレンダリングを生成すること、又は少なくとも第2及び第1の3Dボリューム画像データセットの個別局所ボクセルノイズ推定量に基づいて第2の3Dボリューム画像データ及び第1の3Dボリューム画像データを位置合わせすることを実施させる。20

【0010】

本発明は、様々な構成要素及び構成要素の構成、並びに様々なステップ及びステップの構成の形態を取ることができる。図面は、好ましい実施形態を例示する目的のものにすぎず、本発明を限定するものと解釈されるべきではない。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】画像データ処理装置と関連付けた例示的な撮像システムの概略図である。30
【図2】DVR処理装置と、位置合わせ構成要素と、局所ボクセルノイズ推定量とを含む画像データ処理装置の一例の概略図である。

【図3】DVR処理装置と、位置合わせ構成要素とを含むが、局所ボクセルノイズ推定量を含まない画像データ処理装置の一例の概略図である。

【図4】DVR処理装置の一例の概略図である。

【図5】位置合わせ構成要素の一例の概略図である。

【図6】3Dボリューム画像データと、3Dボリューム画像データの個々のボクセルに関する個別局所ボクセルノイズ推定量に基づいて、DVR画像を生成するための例示的な方法を示す図である。

【図7】2つの3Dボリューム画像データセットと、それら2つの3Dボリューム画像データセットそれぞれの個々のボクセルに関する個別局所ボクセルノイズ推定量に基づいて、2つの異なる画像データセットを位置合わせするための例示的な方法を示す図である。40

【発明を実施するための形態】

【0012】

図1は、コンピュータ断層撮影(CT)スキャナ等の撮像システム100を示す。別の実施形態では、撮像システム100は、陽電子放射断層撮影(PET)スキャナ、単一光子放射コンピュータ断層撮影(SPECT)スキャナ、及び/又は他のスキャナを含む。図示される撮像システム100は、固定ガントリ102と、回転ガントリ104とを含み、回転ガントリ104は、固定ガントリ102によって回転可能に支持されている。回転50

ガントリ 104 は、長手方向軸又は z 軸を中心として検査領域 106 の周りを回転する。

【0013】

X 線管等の放射線源 108 が、回転ガントリ 104 によって支持され、回転ガントリ 104 と共に検査領域 106 の周りを回転し、検査領域 106 を横切る放射線を放出する。検査領域 106 を挟んで放射線源 108 の反対側に位置された 1 次元又は 2 次元の放射線感受性検出器アレイ 110 が、z 軸に沿って配置された 1 列又は複数列の検出器画素を含む。これらの検出器画素は、検査領域 106 を横切る放射線を検出し、その放射線を示す信号又は投影データを生成する。

【0014】

再構成装置 114 が、投影データを再構成し、検査領域 106 を示す 3D ボリューム画像データを生成する。図示される例では、再構成装置 114 は、限定はしないが反復再構成アルゴリズム 118 及び非反復再構成アルゴリズム 120 を含めた、1つ又は複数の再構成アルゴリズム 116 を採用することができる。反復再構成アルゴリズム 118 は、代数学的、統計学的、及び／又は他の反復再構成アルゴリズムを含む。更に、反復再構成アルゴリズム 118 は、再構成のために、投影領域及び／又は画像領域の個別局所ボクセルノイズ推定量を決定及び／又は利用し得る。

10

【0015】

例として、反復再構成アルゴリズムは、データ比較項及び画像ノイズペナルティ項を有する目的関数に基づいている。そのような目的関数の一般式は、 $L(x) = -L(Ax | y) + \cdot R(x)$ であり、ここで、 $L(x)$ は、目的関数を表し、 $L(Ax | y)$ は、順投影画像 Ax (ここで、 A は順投影演算子であり、 x は画像である) を測定データ y と比較する尤度項を表し、 $R(x)$ は、再構成された画像 x 内のノイズ (又は「粗さ」) にペナルティを課す粗さペナルティ項を表し、 \cdot は、正則化の強さを制御する正則化項を表す。

20

【0016】

上記の反復画像再構成手法を用いて、個別局所ボクセルノイズ推定量が決定される。そのようなアルゴリズムの一例は、2010年10月29日に出願された Goshen 他の「Enhanced image data/dose reduction」という名称の米国特許出願第 13 / 508,751 号に記載されており、その特許出願の全体を参照により本明細書に援用する。本明細書では、他の反復画像再構成アルゴリズムも企図される。

30

【0017】

診療台等の支持体 122 が、被験者を検査領域 106 内で支持し、この支持体 122 は、走査前、走査中、及び／又は走査後に、x、y、及び／又は z 軸に対して被験者を位置決めするために使用され得る。計算システムが、オペレータコンソール 123 として働き、ディスプレイ等の出力デバイスと、キーボード及び／又はマウス等の入力デバイスとを含む。オペレータコンソール 123 に常駐するソフトウェアにより、システム 100 の動作をオペレータが制御することが可能になる。そのような制御は、獲得プロトコルの選択、走査の開始、再構成アルゴリズムの識別等を含む。

【0018】

画像データを処理するために、画像データ処理装置 124 が構成される。一例では、この処理は、少なくとも、画像データを再フォーマットして、3D ボリューム画像データ (ボクセル) をディスプレイモニタの画素等の 2D 空間に投影すること、及び／又は画像データセット (例えば 3D 及び／又は 2D) を位置合わせすることを含む。以下に更に詳細に述べるように、画像データ処理装置 124 は、そのような処理と共に個別局所ボクセルノイズ推定量を採用する。個別局所ボクセルノイズ推定量は、(例えばノイズ推定量を使用した反復再構成中に) 再構成装置、画像データ処理装置 124、及び／又は他のデバイスによって決定され得る。

40

【0019】

画像データ処理装置 124 は、物理メモリ等のコンピュータ可読記憶媒体 (一時的な媒体は除く) に埋め込まれた又は符号化された 1 つ又は複数のコンピュータ実行可能命令を

50

実行する 1 つ又は複数のコンピュータプロセッサ（例えば中央処理装置（C P U）やマイクロプロセッサ等）によって実装され得ることを理解されたい。しかし、代替として、コンピュータ実行可能命令の少なくとも 1 つは、搬送波、信号、及び他の一時的な媒体によって搬送され、1 つ又は複数のコンピュータプロセッサによって実施されてもよい。

【 0 0 2 0 】

図 2 は、画像データ処理装置 1 2 4 の非限定的な例を概略的に示す。この例では、画像データ処理装置 1 2 4 は、画像データを受信するが、個別局所ボクセルノイズ推定量は受信せず、個別局所ボクセルノイズ推定量を推定する。図示される画像データ処理装置 1 2 4 は、D V R 処理装置 2 0 2 と、位置合わせ構成要素 2 0 4 と、局所ボクセルノイズ推定量器 2 0 6 とを含む。

10

【 0 0 2 1 】

図 3 は、図 2 の一変形形態を示し、ここでは、画像データ処理装置 1 2 4 は、個別局所ボクセルノイズ推定量も受信する。この例では、局所ボクセルノイズ推定量器 2 0 6 は、画像データ処理装置 1 2 4 から省かれ、画像データ処理装置から離れた異なるデバイスに位置される。局所ボクセルノイズ推定量器 2 0 6 は、再構成装置 1 1 4（図 1）及び／又は他の装置の一部でよい。

【 0 0 2 2 】

図 2 及び図 3 を参照すると、D V R 処理装置 2 0 2 は、2 D 投影画像での各画素毎に、3 D ボリューム画像データを通るビュー光線を投射する。ビュー光線に沿った各ステップで、局所色（例えばベクトル）、局所不透明度（例えばスカラ）、及び局所勾配（例えばベクトル）が計算される。次いで、これら 3 つの大きさがビュー光線に沿って組み合わされて、2 D レンダリング画像のレンダリング画素となる。適切な組合せ手法の非限定的な例は、Charles D. Hansen et al., “The Visualization Handbook” (2005) で論じられている。本明細書では、他の手法も企図される。

20

【 0 0 2 3 】

図 4 を簡単に見ると、D V R 処理装置 2 0 2 の非限定的な例が示されている。D V R 処理装置 2 0 2 は、少なくとも、色決定器 4 0 2 と、不透明度決定器 4 0 4 と、勾配決定器 4 0 6 とを含む。任意選択的に、D V R 処理装置 2 0 2 は、別の光学特性決定器 4 0 8 を含む。従来の手法と比較すると、D V R 処理装置 2 0 2 は、標準的な D V R と同様に局所ボクセル色を計算するが、対照的に、局所ボクセル不透明度及び局所ボクセル勾配が、各ボクセルに関する個別局所ボクセルノイズ推定量を考慮に入れる。次にこれにより詳細に述べる。

30

【 0 0 2 4 】

不透明度決定器 4 0 4 は、あるボクセルに関する不透明度値を、そのボクセルに関する強度と、そのボクセルに関する個別局所ボクセルノイズ推定量とに基づいて決定する。非限定的な例を次に論じる。まず、標準的な D V R と同様に、ボクセルに関する局所不透明度 $O(x)$ が（例えば不透明度伝達関数から）計算される。次いで、局所不透明度 $O(x)$ の値が、区間 [0, 1] 内で、信頼値 $C(x)$ を乗算される。 $C(x)$ は、単調減少関数を使用して、個別局所ボクセルノイズ推定量 (x) から導出される。そのような関数の一例は、ガウス関数 $C = e \times p(-0.5 * (x - \mu)^2 / \sigma^2)$ であり、ここで、 σ^2 は、局所ボクセルノイズ推定量であり、 μ は、グローバルノイズ推定量である。

40

【 0 0 2 5 】

勾配決定器 4 0 6 は、あるボクセルに関する勾配値を、近傍のボクセルの強度と、近傍のボクセルに関する個別局所ボクセルノイズ推定量とに基づいて決定する。非限定的な例を次に論じる。局所勾配（従来は、 x 、 y 、 z での中心差から計算される）が、重み付け線形当てはめとして計算され、重みは、局所信頼値 $C(x)$ によって与えられる。このノイズ重み付けされた当てはめは、任意選択的に、個別に x 、 y 、 z 方向での重み付け線形当てはめ（軸平行の 1 D 近傍）、3 D 近傍での重み付け平面当てはめ、及び／又は他の当てはめでよい。そのようにして決定された勾配ベクトルは、次いで、レンダリングのシェーディングを制御するために使用される。色決定器 4 0 2 は、ボクセルに関する局所色を

50

、局所ボクセルノイズ推定量を考慮せずに決定する。

【0026】

根底にある基本概念は、レンダリングにおいて、高いノイズレベルを有するボクセルが比較的透明になり（即ち、より低い不透明度値を割り当てられ）、低いノイズレベルを有するボクセルが比較的不透明になる（即ち、より高い不透明度値を割り当てられる）というものである。更に、局所勾配は、近傍のボクセルの相対的な信頼性を考慮に入れて推定され、得られるレンダリングでのシェーディングを改良する。更に、レンダリングの色は、局所ノイズ推定量によって変更されない。

【0027】

このレンダリング技法は、2つの入力ボリューム（画像データと、個別局所ボクセルノイズ推定量と）を有する。このレンダリング技法は、単に強度ボリュームに信頼値ボリュームを乗算し、その結果を標準的なレンダリングエンジンに入力として提供することによつては実現され得ない。10

【0028】

図2及び図3に戻ると、位置合わせ構成要素204は、（3D及び／又は2D空間で）少なくとも2セットの画像データを位置合わせする。図5を簡単に見ると、例示される位置合わせ構成要素204は、強度差最小化アルゴリズム502、相互情報最大化アルゴリズム504、局所相關最大化アルゴリズム506、及び／又は他の類似性尺度508の少なくとも1つを含む。

【0029】

強度差最小化アルゴリズム502を用いて、位置合わせ構成要素204は、例えば平方差の合計を使用して、強度偏差の最小化に基づいて画像を位置合わせする。しかし、全ての空間位置 x に関する強度 I_1 と I_2 の差の単純な和 $(I_1 - I_2)^2$ を最小化するのではなく、位置合わせ構成要素204は、誤差重み付けされた差の合計 $[(I_1 - I_2)^2 / (I_1^2 + I_2^2)]$ を最小化し、ここで、 1 及び 2 は、2つの画像データセットからの2つのボクセルの局所ボクセルノイズ推定量である。20

【0030】

相互情報最大化アルゴリズム504を用いて、位置合わせ構成要素204は、相互情報の最大化に基づいて画像を位置合わせする。相互情報は、二变量ヒストグラム $H(I_1, I_2)$ の負のエントロピー $-H = \log H$ として計算され得る。標準的なアルゴリズムの場合、このヒストグラム H は、2つの画像内の対応する位置で強度 I_1 及び I_2 の出現がある度に、 $+1$ だけ増分される。対照的に、位置合わせ構成要素204は、二变量ヒストグラムを局所依存信頼値 $c(x)$ だけ増分する。1つの非限定的な例では、 $c(x) = \exp(-0.5 * (I_1^2 + I_2^2) / I_0^2)$ であり、これは、2つの画像データセットのボクセルの局所誤差推定量 $^1(x)$ と $^2(x)$ に反比例するように重みを有し、ここで、 I_0^2 は、グローバルノイズ推定量である。30

【0031】

局所相關最大化アルゴリズム506を用いて、位置合わせ構成要素204は、局所相關の最大化に基づいて画像を位置合わせする。重み付けなしの線形相關（LC）は、式1で示されるように計算され得る。40

【数1】

式1:

$$LC_i(I_1, I_2) = \frac{cov_i(I_1, I_2)^2}{cov_i(I_1, I_1) * cov_i(I_2, I_2)}$$

ここで、

【数2】

$$cov_i(I_1, I_2) = \sum_{l \in S_i} I'_{1,l} I'_{2,l}$$

及び S_i は、局所近傍である。位置合わせ構成要素204は、空間的に変化する重み $w(x)$ を使用して、

【数3】

$$\text{cov}_i(I_1, I_2) = \sum_{l \in S_i} w_{1,l} I'_{1,l} w_{2,l} I'_{2,l} / \sum_{l \in S_i} w_{1,l} w_{2,l}$$

となるように共分散及び分散を計算する。重みは、中心点 x_0 からの径方向ユークリッド距離 $r = |x - x_0|$ にのみ依存して、 $\exp(-0.5 * r^2 / r^2)$ によって計算され、次いで、空間的な重み $w(x)$ に信頼値 $c(x)$ を乗算する。1つの非限定期的な例では、 $c(x) = \exp(-0.5 * (\frac{x_1^2}{r_1^2} + \frac{x_2^2}{r_2^2}) / r_0^2)$ であり、これは、局所誤差推定量 $^1(x)$ 及び $^2(x)$ に反比例する。

10

【0032】

アルゴリズム502、504、506、及び508は、特定の類似性尺度が最大化又は最小化されるまで空間変位場を変えるように作用する。根底にある基本概念は、類似性尺度に対して、従って位置合わせの結果に対して、より高い局所ノイズレベルを有するボクセルが比較的小さい影響を有し、より低い局所ノイズレベルを有するボクセルが比較的大きい影響を有するというものである。一般に、アルゴリズム502、504、506、及び508は、標準的な画像強度 $I(x)$ に加えて、ボクセル毎のノイズレベル推定量 (x) に有意義に対処する。

【0033】

引き続き図2を参照すると、局所ボクセルノイズ推定器206は、既知の及び/又は他のボクセルノイズ推定手法を採用することができる。画像データからの適切なノイズ推定の一例は、2010年10月29日に出願されたGoshen他の「Enhanced image data/dose reduction」という名称の米国特許出願第13/508,751号に記載されている。本明細書では、他のボクセルノイズ推定も企図される。このノイズ推定は、投影領域手法も含む。

20

【0034】

図6は、3Dボリューム画像データと、個々のボクセルに関するノイズ推定量に基づいてDVR画像を生成するための例示的な方法を示す。

【0035】

これらの方の操作の順序は限定的なものではないことを理解されたい。従って、本明細書では、他の順序も企図される。更に、1つ又は複数の操作が省かれてもよく、及び/又は1つ又は複数の追加の操作が含まれてもよい。

30

【0036】

ステップ602で、3Dボリューム画像データが取得される。

【0037】

ステップ604で、任意選択的に、3Dボリューム画像データのボクセルの少なくともサブセット内の各ボクセルに関して、個別局所ボクセルノイズ推定量が取得される。

【0038】

ステップ606で、操作604が省かれる場合には、ここで及び/又は他の箇所で論じられるように、個別局所ボクセルノイズ推定量が推定される。

40

【0039】

ステップ608で、画像データの各ボクセルに関する色値が決定される。本明細書で論じられるように、一例では、局所ボクセルノイズ推定量を考慮することなく、各ボクセルに関する局所色が決定される。

【0040】

ステップ610で、ここで又は他の箇所で述べられるように、ボクセルに関する強度と、ボクセルに関する個別局所ボクセルノイズ推定量に基づいて、各ボクセルに関する不透明度が決定される。

【0041】

ステップ612で、近傍のボクセルの強度と、ボクセルに関する個別局所ボクセルノイ

50

ズ推定量とに基づいて、各ボクセルに関する勾配値が決定される。

【0042】

ステップ614で、各ボクセルに関する色値、不透明度値、及び勾配値が組み合わされて、3Dボリュームを通る投影ビュー光線に対するそのボクセルの寄与を生成する。

【0043】

ステップ616で、ビュー光線に沿ったボクセル毎の寄与が組み合わされて、ビュー光線に関するレンダリング画素を生成する。

【0044】

ステップ618で、合成値がレンダリングされ、3Dボリューム画像データの2D投影を生成する。

10

【0045】

上記のことは、コンピュータ可読記憶媒体に符号化された又は埋め込まれたコンピュータ可読命令によって実施されてよく、それらのコンピュータ可読命令は、コンピュータプロセッサによって実行されるときに、プロセッサに上述した操作を実施させる。追加又は代替として、コンピュータ可読命令の少なくとも1つが、信号、搬送波、又は他の一時的な媒体によって搬送される。

【0046】

図7は、2つの3Dボリューム画像データセットと、それら2つの3Dボリューム画像データセットそれぞれの個々のボクセルに関するノイズ推定量とに基づいて、2つの異なる画像データセットを位置合わせするための例示的な方法を示す。

20

【0047】

これら の方法の操作の順序は限定的なものではないことを理解されたい。従って、本明細書では、他の順序も企図される。更に、1つ又は複数の操作が省かれてもよく、及び／又は1つ又は複数の追加の操作が含まれてもよい。

【0048】

ステップ702で、2つの3Dボリューム画像データセットが取得される。本明細書で論じられるように、2つのデータセットは、同じモダリティから、しかし異なる時点に獲得されたものでよく、又は異なるモダリティからのものでよい。

【0049】

ステップ704で、任意選択的に、両方の3Dボリューム画像データのボクセルの少なくともサブセット内の各ボクセルに関して、個別局所ボクセルノイズ推定量が取得される。

30

【0050】

ステップ706で、操作704が省かれる場合には、ここで及び／又は他の箇所で論じられるように、個別局所ボクセルノイズ推定量が推定される。

【0051】

ステップ708で、ここで及び／又は他の箇所で述べられるように、取得された2つの3Dボリューム画像データセットが、個別局所ボクセルノイズ推定量に基づいて空間的に位置合わせされる。

【0052】

上記のことは、コンピュータ可読記憶媒体に符号化された又は埋め込まれたコンピュータ可読命令によって実施されてよく、それらのコンピュータ可読命令は、コンピュータプロセッサによって実行されるときに、プロセッサに上述した操作を実施させる。追加又は代替として、コンピュータ可読命令の少なくとも1つが、信号、搬送波、又は他の一時的な媒体によって搬送される。

40

【0053】

好ましい実施形態を参照して本発明を述べてきた。上記の詳細な説明を読んで理解すれば、修正形態及び変形形態が想到されよう。本発明は、添付の特許請求の範囲又はその均等物の範囲内にある限り、全てのそのような修正形態及び変形形態を含むものと解釈されることが意図される。

50

【図1】

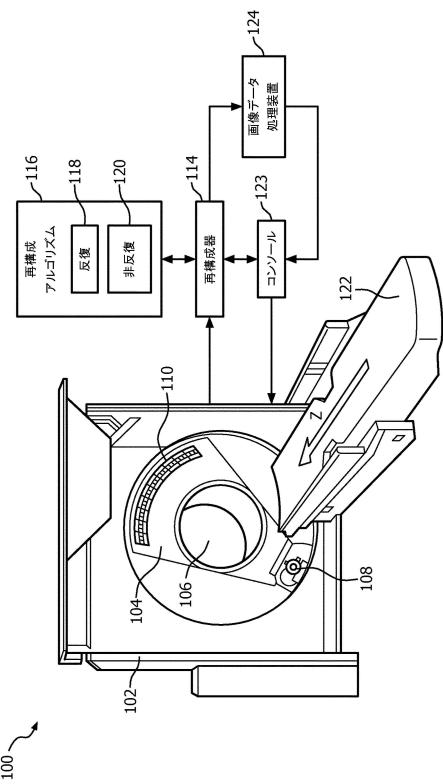


図1

【図2】

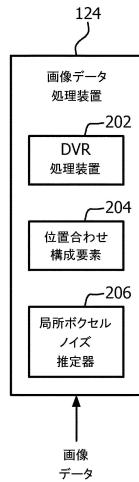


図2

【図3】

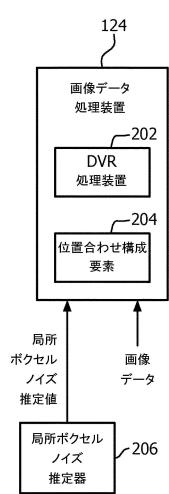


図3

【図4】

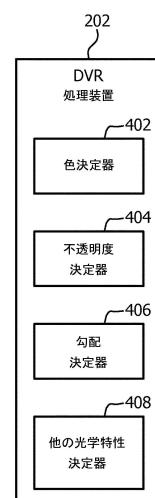


図4

【図5】

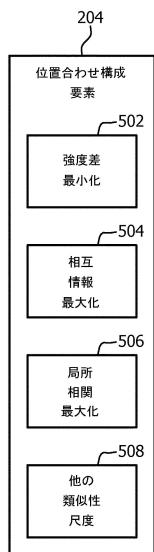


図5

【図6】

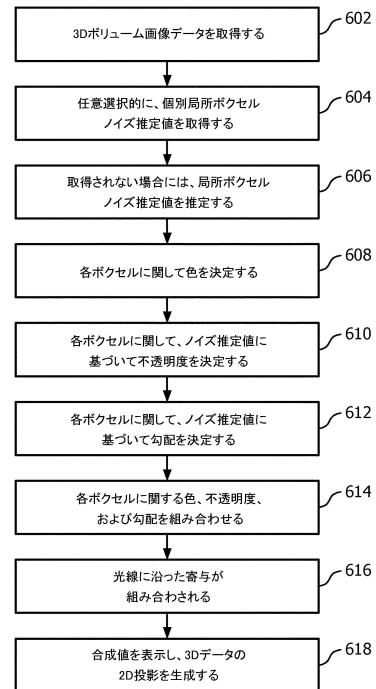


図6

【図7】

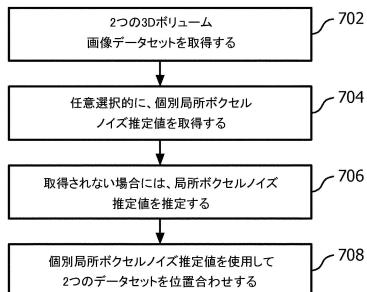


図7

フロントページの続き

(72)発明者 ウィームカー ラファエル
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス ビルディング
5

(72)発明者 クリンダー トビアス
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス ビルディング
5

(72)発明者 ベルトルト マーティン
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス ビルディング
5

(72)発明者 ロレンツ ク里斯チャン
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス ビルディング
5

審査官 原 俊文

(56)参考文献 国際公開第2013/011418 (WO, A2)
特表2013-512024 (JP, A)
特開2008-136630 (JP, A)
国際公開第2012/001648 (WO, A2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A 6 1 B 6 / 0 0 - 6 / 1 4
G 0 1 T 1 / 1 6 1 - 1 / 1 6 6
A 6 1 B 5 / 0 5 5