

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6214226号  
(P6214226)

(45) 発行日 平成29年10月18日 (2017.10.18)

(24) 登録日 平成29年9月29日 (2017.9.29)

(51) Int.Cl.

F I

A 6 1 B 6/03 (2006.01)

A 6 1 B 6/03 3 5 0 F

請求項の数 19 (全 14 頁)

|           |                               |           |                   |
|-----------|-------------------------------|-----------|-------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2013-120105 (P2013-120105)  | (73) 特許権者 | 000001007         |
| (22) 出願日  | 平成25年6月6日 (2013.6.6)          |           | キヤノン株式会社          |
| (65) 公開番号 | 特開2014-236810 (P2014-236810A) |           | 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 |
| (43) 公開日  | 平成26年12月18日 (2014.12.18)      | (74) 代理人  | 100076428         |
| 審査請求日     | 平成28年5月16日 (2016.5.16)        |           | 弁理士 大塚 康德         |
|           |                               | (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         |
|           |                               | (74) 代理人  | 100130409         |
|           |                               |           | 弁理士 下山 治          |
|           |                               | (74) 代理人  | 100134175         |
|           |                               |           | 弁理士 永川 行光         |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理装置、断層撮影装置、画像処理方法およびプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

放射線源と検出器とを用いた撮影で取得した被写体の投影画像を再構成処理する画像処理装置であって、

複数の投影画像に再構成処理を行って断層画像を取得する際に適用する再構成フィルタを選択する選択手段と、

前記選択された再構成フィルタの周波数特性に基づいて、前記投影画像に対するノイズ低減の重み係数を設定する設定手段と、

前記重み係数を用いて、前記投影画像に画像処理を行う画像処理手段と、

前記選択された再構成フィルタを用いて、前記画像処理された複数の投影画像に再構成処理を行って前記被写体の断層画像を取得する再構成手段と、

を備えることを特徴とする画像処理装置。

【請求項 2】

放射線源と検出器とを用いた撮影で取得した被写体の投影画像を再構成処理する画像処理装置であって、

複数の投影画像に再構成処理を行って断層画像を取得する際に適用する再構成フィルタを選択する選択手段と、

前記選択された再構成フィルタの種類に応じて前記投影画像のノイズ低減の画像処理パラメータを設定する設定手段と、

前記画像処理パラメータを用いて、前記投影画像について少なくとも2つの周波数帯域

10

20

に分けて各周波数成分についてノイズ低減処理を行う画像処理手段と、

前記選択された再構成フィルタを用いて、前記ノイズ低減処理された複数の投影画像に再構成処理を行って前記被写体の断層画像を取得する再構成手段と、を備え、

前記再構成手段は、前記選択手段により第一の再構成フィルタが選択されて再構成処理をする場合に、前記設定手段は、前記第一の再構成フィルタに比べて高周波の周波数成分を抑制する効果の小さい第二の再構成フィルタが選択された場合に比べて、高周波の周波数成分に対するノイズ低減処理効果を抑制する画像処理パラメータを設定することを特徴とする画像処理装置。

【請求項 3】

前記画像処理手段は、前記投影画像について少なくとも 2 つの周波数帯域に分けて各周波数成分についてノイズ低減処理を行い、

前記設定手段は、前記選択手段により第一の再構成フィルタが選択された場合に、高周波の周波数成分に対するノイズ低減処理の重み係数として第一の重み係数を設定し、

前記設定手段は、前記第一の再構成フィルタに比べて高周波の周波数成分を抑制する効果の大きい第二の再構成フィルタが前記選択手段により選択された場合に、高周波の周波数成分に対するノイズ低減処理の重み係数として、前記第一の重み係数よりも小さい第二の重み係数を設定することを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 4】

前記画像処理手段は、前記投影画像に含まれるノイズを前記画像処理により低減することを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 5】

前記画像処理手段は、前記画像処理として、前記投影画像の関心画素と前記関心画素の近傍画素との間の画素値の差に基づいて重み付けをした空間フィルタを用いた平滑化処理を行うことを特徴とする請求項 1 または 4 に記載の画像処理装置。

【請求項 6】

放射線源と検出器とを用いた撮影で取得した被写体の投影画像を再構成処理する画像処理装置であって、

複数の投影画像に再構成処理を行って断層画像を取得する際に適用する再構成フィルタを選択する選択手段と、

前記選択された再構成フィルタの種類に応じて前記投影画像のノイズ低減の画像処理パラメータを設定する設定手段と、

前記画像処理パラメータを用いて、前記投影画像に画像処理を行う画像処理手段と、

前記選択された再構成フィルタを用いて、前記画像処理された複数の投影画像に再構成処理を行って前記被写体の断層画像を取得する再構成手段とを備え、

前記画像処理手段は、前記投影画像を複数の周波数成分に分解し、前記分解されたそれぞれの周波数成分に前記画像処理を行うことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 7】

前記設定手段は、前記選択された再構成フィルタの周波数特性に応じて、前記画像処理に用いる画像処理パラメータを、前記分解されたそれぞれの周波数成分に対して設定することを特徴とする請求項 6 に記載の画像処理装置。

【請求項 8】

前記設定手段は、前記選択された再構成フィルタの周波数特性と、前記投影画像の撮影条件に応じた重み係数とを用いて、前記画像処理パラメータを設定することを特徴とする請求項 7 に記載の画像処理装置。

【請求項 9】

前記設定手段は、前記選択された再構成フィルタの高周波成分の利得と、基準となるフィルタの高周波成分の利得との比を用いて前記画像処理パラメータを設定することを特徴とする請求項 7 または 8 に記載の画像処理装置。

【請求項 10】

前記設定手段は、前記投影画像に対して前記選択された再構成フィルタが適用される適

10

20

30

40

50

用方向と、前記適用方向に対して交差する方向とについて、異なる画像処理パラメータを設定することを特徴とする請求項 7 に記載の画像処理装置。

【請求項 1 1】

前記選択された再構成フィルタが適用される適用方向と前記適用方向に対して交差する方向とについて、前記画像処理手段は、前記異なる画像処理パラメータを用いて、前記画像処理を行うことを特徴とする請求項 1 0 に記載の画像処理装置。

【請求項 1 2】

前記画像処理手段の画像処理により、前記選択された再構成フィルタが適用される適用方向について前記被写体の投影画像に含まれるノイズが低減され、前記適用方向に対して交差する方向についてノイズは低減されないことを特徴とする請求項 1 1 に記載の画像処理装置。

10

【請求項 1 3】

前記再構成フィルタは、フィルタードバックプロジェクション法による再構成処理に適用されることを特徴とする請求項 1 乃至 1 2 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 1 4】

前記再構成処理は、C T 装置、若しくはトモシンセシス撮影装置を用いて行われることを特徴とする請求項 1 乃至 1 3 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 1 5】

放射線源と検出器とを用いた撮影で取得した被写体の投影画像を再構成処理する画像処理装置の画像処理方法であって、

20

前記画像処理装置の選択手段が、複数の投影画像に再構成処理を行って断層画像を取得する際に適用する再構成フィルタを選択する選択工程と、

前記画像処理装置の設定手段が、前記選択された再構成フィルタの周波数特性に基づいて、前記投影画像に対するノイズ低減の重み係数を設定する設定工程と、

前記画像処理装置の画像処理手段が、前記重み係数を用いて、前記投影画像に画像処理を行う画像処理工程と、

前記画像処理装置の再構成手段が、前記選択された再構成フィルタを用いて、前記画像処理された複数の投影画像に再構成処理を行って前記被写体の断層画像を取得する再構成工程と、

を有することを特徴とする画像処理方法。

30

【請求項 1 6】

放射線源と検出器とを用いた撮影で取得した被写体の投影画像を再構成処理する画像処理装置の画像処理方法であって、

前記画像処理装置の選択手段が、複数の投影画像に再構成処理を行って断層画像を取得する際に適用する再構成フィルタを選択する選択工程と、

前記画像処理装置の設定手段が、前記選択された再構成フィルタの種類に応じて前記投影画像のノイズ低減の画像処理パラメータを設定する設定工程と、

前記画像処理装置の画像処理手段が、前記画像処理パラメータを用いて、前記投影画像について少なくとも 2 つの周波数帯域に分けて各周波数成分についてノイズ低減処理を行う画像処理工程と、

40

前記画像処理装置の再構成手段が、前記選択された再構成フィルタを用いて、前記ノイズ低減処理された複数の投影画像に再構成処理を行って前記被写体の断層画像を取得する再構成工程と、を有し、

前記再構成工程では、前記選択工程により第一の再構成フィルタが選択されて再構成処理をする場合に、前記設定工程では、前記第一の再構成フィルタに比べて高周波の周波数成分を抑制する効果の小さい第二の再構成フィルタが選択された場合に比べて、高周波の周波数成分に対するノイズ低減処理効果を抑制する画像処理パラメータを設定することを特徴とする画像処理方法。

【請求項 1 7】

放射線源と検出器とを用いた撮影で取得した被写体の投影画像を再構成処理する画像処

50

理装置の画像処理方法であって、

前記画像処理装置の選択手段が、複数の投影画像に再構成処理を行って断層画像を取得する際に適用する再構成フィルタを選択する選択工程と、

前記画像処理装置の設定手段が、前記選択された再構成フィルタの種類に応じて前記投影画像のノイズ低減の画像処理パラメータを設定する設定工程と、

前記画像処理装置の画像処理手段が、前記画像処理パラメータを用いて、前記投影画像に画像処理を行う画像処理工程と、

前記画像処理装置の再構成手段が、前記選択された再構成フィルタを用いて、前記画像処理された複数の投影画像に再構成処理を行って前記被写体の断層画像を取得する再構成工程とを有し、

前記画像処理工程では、前記投影画像を複数の周波数成分に分解し、前記分解されたそれぞれの周波数成分に前記画像処理を行うことを特徴とする画像処理方法。

【請求項 18】

複数の角度から取得した被写体の投影画像から前記被写体の断層画像を取得する断層撮影装置であって、

請求項 1 乃至 14 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置を有することを特徴とする断層撮影装置。

【請求項 19】

コンピュータを、請求項 1 乃至 14 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置の各手段として機能させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像処理装置、断層撮影装置、画像処理方法およびプログラムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

放射線を利用した断層撮影装置が臨床で広く利用されている。断層撮影は、同一の被写体を様々な角度から撮影し、複数の投影画像を取得した後、特定の再構成フィルタを用いたフィルタードバックプロジェクション法や逐次近似法などにより、被写体の断層画像を再構成する撮影手技である。近年では、撮影角度を制限して取得した投影画像から再構成を行うトモシンセシスも盛んに行われている。

【0003】

断層撮影は一度の操作で複数枚の投影画像を撮影する必要があるため、被写体の被曝量を低減すること求められが、撮影線量の低下によって、画像に含まれるノイズが増加する。そこで、低被曝条件においても高い診断価値を持つ画像を提供するため、より高性能なノイズ低減処理を提供することが重要な課題となっていた。

【0004】

この課題を解決するために、特許文献 1 では、再構成処理をする前の投影画像にノイズ低減を行う手法が提案されている。また、特許文献 2 では、再構成した後の断層画像にノイズ低減を行う手法が提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2003-180675 号公報

【特許文献 2】特開 2005-160544 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、上述の従来技術には以下のような課題が生じる場合がある。例えば、特

10

20

30

40

50

許文献 1 の技術において、再構成フィルタの種類によっては、再構成フィルタによって生じる画像の平滑化効果と、投影画像へのノイズ低減処理によって生じる画像の平滑化効果が重畳してしまい好適な画像が得られない場合がある。

#### 【0007】

また、特許文献 2 の技術においては、トモシンセシスなどの制限された角度で撮影された投影画像を用いた、不完全な投影集合をもとにした再構成を行う手技においては、断層画像の CT 値の物理的な意味が失われる。このため、断層画像に含まれるノイズ成分を推定することは難しく、好適にノイズ低減を行うことができない場合がある。

#### 【0008】

本発明は、トモシンセシスなどの制限された角度で撮影された不完全な投影集合をもとにした再構成を行う手技においても、再構成フィルタの種類によらずノイズ低減された断層画像を得るための技術の提供を目的とする。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0009】

上記の目的を達成する本発明の一つの側面にかかる画像処理装置は、放射線源と検出器とを用いた撮影で取得した被写体の投影画像を再構成処理する画像処理装置であって、

複数の投影画像に再構成処理を行って断層画像を取得する際に適用する再構成フィルタを選択する選択手段と、

前記選択された再構成フィルタの周波数特性に基づいて、前記投影画像に対するノイズ低減の重み係数を設定する設定手段と、

前記重み係数を用いて、前記投影画像に画像処理を行う画像処理手段と、

前記選択された再構成フィルタを用いて、前記画像処理された複数の投影画像に再構成処理を行って前記被写体の断層画像を取得する再構成手段と、

を備えることを特徴とする。

#### 【0010】

あるいは、本発明の他の側面にかかる断層撮影装置は、複数の角度から取得した被写体の投影画像から前記被写体の断層画像を取得する断層撮影装置であって、上記の画像処理装置を有することを特徴とする。

#### 【発明の効果】

#### 【0011】

本発明によれば、再構成フィルタの種類によらずノイズ低減された断層画像を得ることが可能となる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0012】

【図 1】実施形態にかかる断層撮影装置の基本的な構成の例を示す図。

【図 2】断層撮影装置の処理の流れを示す図。

【図 3】断層撮影装置が用いる再構成フィルタの周波数特性を例示した図。

【図 4】画像処理パラメータ選択回路とノイズ低減処理回路を説明する図。

【図 5】画像処理パラメータ選択回路の周波数分解方法を説明する図。

【図 6】画像処理パラメータ選択回路とノイズ低減処理回路を説明する図。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0013】

以下、図面を参照して、本発明の実施形態を例示的に詳しく説明する。ただし、この実施形態に記載されている構成要素はあくまで例示であり、本発明の技術的範囲は、特許請求の範囲によって確定されるのであって、以下の個別の実施形態によって限定されるわけではない。

#### 【0014】

#### （第 1 実施形態）

本発明の第 1 実施形態の断層撮影装置 100 の構成を、図 1 を用いて説明する。断層撮影装置 100 は、複数の照射角度から放射線により被写体を撮影し、得られた複数の投影

10

20

30

40

50

画像に再構成処理を行うことで、断層画像を生成する。断層撮影装置100は、CT装置に限らず、投影画像撮影時の照射角度の範囲を制限したトモシンセシス撮影装置にも適用することができる。また、本実施形態における放射線は、一般的に用いられるX線だけに限定されるものではない。例えば、放射性崩壊によって放出される粒子（光子を含む）の作るビームである $\alpha$ 線、 $\beta$ 線、 $\gamma$ 線などの他に、同程度以上のエネルギーを有するビーム、例えば、粒子線や宇宙線なども含まれる。

#### 【0015】

断層撮影装置100は、放射線発生装置101と、被写体102を寝かせる寝台103と、被写体102を通過した放射線に応じた画像データを出力する検出装置104と、を備えている。また、断層撮影装置100は、機構制御装置105と、データ収集装置106と、情報処理装置107と、を備えている。

10

#### 【0016】

ここで、機構制御装置105は、放射線発生装置101と検出装置104との動作を制御する。データ収集装置106は、検出装置104および機構制御装置105から各種デジタルデータを収集する。情報処理装置107は、ユーザーの指示に従って、画像処理や機器全体の制御を行う。

#### 【0017】

情報処理装置107は、CPU116と、メモリ117と、操作パネル118と、記憶装置119と、表示装置120と、画像処理装置108とを備えており、CPUバス115を介して電氣的に接続されている。

20

#### 【0018】

メモリ117にはCPU116が行う処理に必要な各種のデータなどが記憶されると共に、メモリ117はCPU116の作業用のワークメモリとしても機能する。CPU116は、メモリ117を用いて、操作パネル118から入力されるユーザーの指示に従い、装置全体の動作制御等を行う。

#### 【0019】

画像処理装置108（再構成処理装置）は、放射線発生装置101（放射線源）と検出装置104（二次元検出器）を用いた撮影で得られた画像を再構成処理する。画像処理装置108は、ユーザーの指示に従い、取得した投影画像に再構成フィルタを用いたフィルタードバックプロジェクション法による再構成処理を行い、断層画像を作成する。ここで、フィルタードバックプロジェクション法は、投影画像にフーリエ変換を行い、周波数空間で再構成フィルタを適用する手法と、実空間上で重畳積分を行って再構成フィルタを適用する手法のどちらを取ってもよい。このために、画像処理装置108は、前処理回路109と、再構成フィルタ選択回路110と、画像処理パラメータ選択回路111と、ノイズ低減処理回路112と、再構成処理回路113と、階調処理回路114を備えている。

30

#### 【0020】

画像処理装置108は、第一の再構成フィルタと第二の再構成フィルタを用いて、投影画像について少なくとも2つの周波数帯域に分けて各周波数成分についてノイズ低減処理を行う。

#### 【0021】

例えば、第二の再構成フィルタは、第一の再構成フィルタに比べて高周波よりの周波数成分を抑制する効果（高周波抑制効果）が小さい。第一の再構成フィルタが選択されて、再構成処理をする場合に、画像処理パラメータ選択回路111は、第二の再構成フィルタが選択された場合に比べて、高周波よりの周波数成分に対するノイズ低減処理効果を抑制する画像処理パラメータ（係数）を設定する。

40

#### 【0022】

あるいは、別の例として、再構成フィルタ選択回路110により第一の再構成フィルタが選択された場合に、画像処理パラメータ選択回路111は、高周波よりの周波数成分に対するノイズ低減処理の重み係数を第一の係数（第一の画像処理パラメータ）に設定する。また、再構成フィルタ選択回路110により第一の再構成フィルタに比べて高周波抑制

50

効果の大きい第二の再構成フィルタが選択された場合に、画像処理パラメータ選択回路 111 は、ノイズ低減処理の重み係数の設定を変更する。このとき、画像処理パラメータ選択回路 111 は、高周波よりの周波数成分に対するノイズ低減処理の重み係数を第一の係数よりも小さい第二の係数（第二の画像処理パラメータ）に設定する。

#### 【0023】

次に、図 2 と図 3 を用いて、上述の構成を備える断層撮影装置 100 の動作について説明する。図 2 は、第 1 実施形態における断層撮影装置が行う処理の流れを説明するフローチャートである。図 3 は、第 1 実施形態における断層撮影装置が再構成処理において用いる再構成フィルタの例の周波数特性を示す図である。

#### 【0024】

ステップ S201 において、断層撮影装置 100 はユーザーからの撮影操作を受け、複数の照射角度で投影画像の撮影が行われる。投影画像の撮影方法は、例えば、照射角度範囲が 180° 以上のアキシアルスキャンを行う CT 装置を用いてもよいし、照射角度範囲が 40° ~ 80° 程度に制限されたトモシンセシス撮影装置を用いてもよい。ここで、放射線発生装置 101 と検出装置 104 とは、機構制御装置 105 によって電氣的に接続されており、所定の相対的な位置関係を保ちながら撮影操作を行えるようになっている。

#### 【0025】

放射線発生装置 101 から被写体 102 に所定の条件の放射線が照射され、被写体 102 を通過した放射線が検出装置 104 に照射される。ここで、機構制御装置 105 は放射線発生装置 101 に対して、管電圧や管電流、照射時間などの放射線発生条件を制御し、所定の条件で放射線を発生できるようになっている。放射線発生装置 101 から照射された放射線の情報は、検出装置 104 で電気信号に変換され、データ収集装置 106 によって画像データとして収集される。そして、データ収集装置 106 は収集した画像データを情報処理装置 107 に送信する。

#### 【0026】

データ収集装置 106 から送信された画像データは、情報処理装置 107 において、CPU 116 の制御により CPU バス 115 を介してメモリ 117 に転送される。データ収集装置 106 は、放射線発生装置 101 と、検出装置 104 と、機構制御装置 105 と電氣的に接続されており、撮影を行う際の放射線発生装置 101 と、被写体 102 と、検出装置 104 との相対的な位置情報を表すデジタルデータを収集する。データ収集装置 106 は、収集したデジタルデータを情報処理装置 107 に送信することができる。

#### 【0027】

ステップ S202 において、メモリ 117 に転送された画像データは、前処理回路 109 に転送され、前処理回路 109 は、画像データに対して、オフセット補正処理やゲイン補正処理、欠陥補正処理、グリッド縞低減処理等の前処理を実行する。

#### 【0028】

ステップ S203 において、再構成フィルタ選択回路 110（フィルタ選択部）は撮影手技やユーザーの指示に従って、再構成処理で使う再構成フィルタを選択する。再構成フィルタとしては、図 3（A）に示すような周波数特性を持つ Ramp フィルタや、図 3（B）の Shepp & Logan フィルタ、図 3（C）の Chesler フィルタなど、一般に再構成フィルタとして扱われる既知のいかなるフィルタを用いてもよい。再構成フィルタ選択回路 110 は複数種類のフィルタのうちいずれかのフィルタを、再構成処理で使用するフィルタとして選択する。

#### 【0029】

ステップ S204 において、ステップ S203 で選択された再構成フィルタの種類に応じた周波数特性に従い、画像処理パラメータ選択回路 111（パラメータ選択部）は、ノイズ低減処理のパラメータ（画像処理パラメータ）を選択する。パラメータの選択処理の具体的な内容は図 4 のステップ S401 から S403 の説明で後述する。

#### 【0030】

ステップS205において、先のステップS201で前処理された前処理後の画像データ（投影画像データ）は、ノイズ低減処理回路112に転送される。ノイズ低減処理回路112は、ステップS204で選択されたノイズ低減の画像処理パラメータに従って、前処理後の画像データに対してノイズ低減処理を行う。ノイズ低減処理の具体的な内容は図4のステップS404からS409の説明で後述する。

#### 【0031】

ステップS206において、ノイズ低減処理後の画像データは再構成処理回路113に転送されて、再構成処理回路113は、ノイズ低減処理後の画像データに対して再構成処理を行い、断層画像を取得する。再構成処理においては、再構成フィルタを用いたフィルタードバックプロジェクション法を用いることが可能であり、ステップS203で選択された再構成フィルタを用いる。再構成処理回路113は、ノイズ低減処理後の画像データ（投影データ）に再構成フィルタを合成し、再構成処理を行う。

#### 【0032】

ステップS207において、先のステップS206で生成された断層画像は、階調処理回路114に転送され、階調処理回路114は断層画像に対して適切な階調処理を行う。ユーザーの指示に従って、階調処理後の断層画像は記憶装置119へ保存され、あるいは表示装置120へ表示される。

#### 【0033】

次に、図4と図5を用いて、画像処理パラメータ選択回路111の動作とノイズ低減処理回路112の動作とを詳細に説明する。図4は、第1実施形態における画像処理パラメータ選択回路111とノイズ低減処理回路112との処理の流れを示すフローチャートである。図5は、画像処理パラメータ選択回路111が用いる周波数の分解方法について説明する図である。

#### 【0034】

ここで、ノイズ低減処理回路112によるノイズ低減処理は、投影画像を多重解像度に分解したのに対して行われるような構成となっていることが望ましい。

#### 【0035】

ステップS401において、画像処理パラメータ選択回路111は、投影画像をN個の周波数成分（ $I_1 \sim I_N$ ）の画像に多重解像度分解する。分解レベル数Nは、投影画像の画像サイズによって定めることができる。多重解像度分解の方法については、ウェーブレット変換を用いた分解やラプラシアンピラミッドを用いた分解など、既知のいかなる方法を用いてもよい。

#### 【0036】

ステップS402において、画像処理パラメータ選択回路111は、再構成フィルタ選択回路110で選択された再構成フィルタの種類に従って、選択された再構成フィルタの周波数特性を取得する。再構成フィルタは、その後の逆投影処理で生じる画像のボケを補正するフィルタであり、高周波域を増幅する特性を持っている。Rampフィルタは、最もうまく画像のボケを補正できる再構成フィルタの一つであるが、ナイキスト周波数で急激な遮断が発生するため、画像のエッジ部でアーティファクトを生じることがある。これを防ぐ目的で、Shepp & LoganフィルタやCheslerフィルタなど、Rampフィルタの高周波域を減衰させた形のフィルタが多数考案されている。Shepp & LoganフィルタやCheslerフィルタなどは、Rampフィルタと比べると高周波域が平滑化された断層画像を出力する特性を有する。本ステップでは、再構成フィルタの周波数特性として、ステップS401で定めた分解レベルに対応した周波数ごとのRampフィルタを基準としたフィルタの利得比 $A_1 \sim A_N$ を取得する。これにより、選択された再構成フィルタによる平滑化効果を見積もることができる。フィルタの利得比の算出方法の一例を図5（A）の周波数レベル2（Lv2）を例にとって説明する。周波数レベル2（Lv2）におけるRampフィルタのゲイン（利得）を $R_2$ 、ステップS203で選択したフィルタのゲイン（利得）を $S_2$ とすると、周波数レベル2（LV2）におけるフィルタの利得比は、 $A_2 = S_2 / R_2$ として取得される。

## 【0037】

利得の比を計算する周波数は、図5（A）のように、ナイキスト周波数を分解レベルで等分したものをを用いることができる。また、図5（B）のように、ステップS401において画像を多重周波数分解したときの各レベル（LV1～Lv4）のインパルス応答のピーク周波数を用いてもよい。

## 【0038】

ステップS403において、画像処理パラメータ選択回路111は、周波数レベル毎に、画像処理パラメータとして、画像のノイズ低減処理の効果係数 $\omega_1 \sim \omega_N$ を設定する。画像のノイズ低減処理の効果係数は、投影画像の撮影条件に応じた重み係数 $\mu_1 \sim \mu_N$ と、ステップS402において得られたフィルタの利得の比 $A_1 \sim A_N$ のバランスに従って $\omega_i = \mu_i A_i (i=1 \sim N)$ のように設定される。

10

## 【0039】

たとえば、胸部を撮影したときは $\mu_i = 0.5$ のようにあらかじめ重み係数を設定しておき、それに周波数成分ごとの再構成フィルタの利得比 $A_i$ を乗算してノイズ低減処理の効果係数 $\omega_i$ をノイズ低減の画像処理パラメータとして設定する。

## 【0040】

例えば、図3（B）、（C）の周波数特性を有するShepp&LoganフィルタやCheslerフィルタが再構成フィルタとして選択された場合、これらのフィルタは、Rampフィルタと比べると高周波域が平滑化された画像を出力する特性を有する。このため、Shepp&LoganフィルタやCheslerフィルタの高周波域は、周波数のより低い低周波域に比べてノイズ成分が多く含まれるものと考えられる。本実施形態では、選択された再構成フィルタの周波数特性に応じてノイズ低減の画像処理パラメータを設定する。高周波域が平滑化され、高周波成分が抑制された再構成フィルタでは、高周波域の画像処理パラメータを小さく設定することにより高周波域のノイズを低減することが可能になる。

20

## 【0041】

以上の構成により、再構成フィルタの高周波成分の利得がRampフィルタに比して小さくなるほど、投影画像の高周波成分に対して行うノイズ低減処理の重み係数（画像処理パラメータ）が小さく設定される。それにより、再構成フィルタによる平滑化効果と、投影画像に対するノイズ低減処理による平滑化効果の強度を最適に調整できる。

30

## 【0042】

以上のステップS401～S403までが画像処理パラメータ選択回路111の処理に相当する。次に、ノイズ低減処理回路112の処理を説明する。

## 【0043】

ステップS404において、ノイズ低減処理回路112は $i=1$ を設定し、ステップS405、S406の処理を行う。ステップS407の判定で $i \neq N$ の場合（S407-No）、 $i=i+1$ とし（S408）、ステップS405、S406の処理を繰り返す。

## 【0044】

ステップS405において、ノイズ低減処理回路112は、 $i$ 番目の周波数成分の分解レベルの画像 $I_i$ のノイズ成分 $N_i$ を推定する。ノイズの推定方法は、既知のいかなる方法によってもよい。特開2009-189440号公報で提案されているような、関心画素とその近傍の周辺画素（近傍画素）の画素値の差に基づいて重みづけをする $\varepsilon$ フィルタ（重み付けフィルタ）を用いた、エッジ保存型の空間フィルタを用いた平滑化処理を用いることができる。この平滑化処理によって投影画像に含まれるノイズを推定することができる。

40

## 【0045】

ステップS406において、ノイズ低減処理回路112は、（1）式を用いて、画像 $I_i$ から推定したノイズ成分を減算し、ノイズ低減画像 $J_i$ を取得する。

## 【0046】

$$J_i = I_i - \omega_i N_i \cdots (1)$$

50

ステップS407の判定で、 $i \neq N$ の場合（S407-No）、 $i = i + 1$ とし（S408）、ステップS405、S406の処理を繰り返す。 $i = N$ の場合（S407-Yes）、ステップS409の処理を実行する。

【0047】

ステップS409において、ノイズ低減処理回路112は、ノイズ低減画像 $J_1 \sim J_N$ を周波数合成し、ノイズ低減された投影画像Jを取得する。以上のステップS404～S409までがノイズ低減処理回路112の処理に相当する。

【0048】

本実施形態によれば、高周波域の利得（ゲイン）がRampフィルタに比して小さい再構成フィルタを用いても、その種類によらずノイズ低減された断層画像を取得することができる。また、投影画像に対するノイズ低減処理パラメータを選択された再構成フィルタに応じて選択するため、投影角が限定されたトモシンセシス装置にも適用可能である。

【0049】

（第2実施形態）

次に、第2実施形態の断層撮影装置の構成について説明する。本実施形態の断層撮影装置の基本構成は図1に示す第1実施形態の装置構成と同様である。また、処理フローについても第1実施形態の図2で説明した処理の流れと重複するので説明を省略する。

【0050】

図6は、本実施形態における画像処理パラメータ選択回路111とノイズ低減処理回路112の処理の流れを説明するフローチャートである。本実施形態のノイズ低減処理回路112によるノイズ低減処理は、投影画像を多重解像度に分解したものに対して行われ、さらに、周波数レベルごとにX方向のノイズ、Y方向のノイズをそれぞれ推定できるようになっている。これにより、再構成フィルタの周波数特性に応じて、投影画像へのノイズ低減効果を周波数レベルごとに、X方向、Y方向別で調整することが可能となる。

【0051】

ステップS601において、画像処理パラメータ選択回路111は、投影画像をN個の周波数成分（ $I_1 \sim I_N$ ）に多重解像度分解する。分解レベル数Nは、投影画像の画像サイズによって定めることができる。多重解像度分解の方法については、ウェーブレット変換を用いた分解やラプラシアンピラミッドを用いた分解など、既知のいかなる方法を用いてもよい。

【0052】

ステップS602において、画像処理パラメータ選択回路111は、再構成フィルタ選択回路110で選択された再構成フィルタの種類に従って、選択された再構成フィルタの周波数特性を取得する。本ステップでは、再構成フィルタの周波数特性として、ステップS601で定めた分解レベルに対応した周波数ごとに、Rampフィルタを基準としたフィルタの利得比 $A_1 \sim A_N$ を取得する。

【0053】

ステップS603において、画像処理パラメータ選択回路111は、投影画像に対して選択された再構成フィルタが適用される適用方向と、適用方向に対して交差する方向とについて、異なる画像処理パラメータを設定する。ここで、画像処理パラメータ選択回路111は、周波数レベル毎に、X方向のノイズ低減処理の効果係数 $\alpha_1 \sim \alpha_N$ と、Y方向のノイズ低減処理の効果係数 $\beta_1 \sim \beta_N$ とを取得する。例えば、投影画像のY方向を投影時の回転方向とすると、再構成フィルタはY方向にしか適用されないため、再構成フィルタの高域を減衰させたとき、再構成フィルタによる平滑化効果はY方向のみにあらわれる。ここで、Y方向は、再構成フィルタの適用方向であり、Y方向に交差するX方向には、再構成フィルタによる平滑化効果はあらわれない。画像処理（ノイズ低減処理）により低減されるノイズは、投影画像に対して再構成フィルタが適用される適用方向について低減され、適用方向に交差する方向については、低減されない。このときのノイズ低減効果は、選択された再構成フィルタの高周波成分の利得と、基準となるフィルタの高周波成分の利得との比に応じて異なるものとなる。選択された再構成フィルタの高周波成分の利得と、基準

10

20

30

40

50

となるフィルタの高周波成分の利得が小さくなると、この比に応じてノイズ低減効果も小さくなる。

#### 【0054】

パラメータ  $\alpha_1 \sim \alpha_N$  と  $\beta_1 \sim \beta_N$  は、投影画像に対して、再構成フィルタの適用（影響）があるY方向と、適用（影響）のないX方向のノイズ低減効果を変え、再構成画像の不自然さを軽減するために設定されるものである。再構成フィルタの適用（影響）のないX方向に関してのノイズ低減効果  $\alpha_1 \sim \alpha_N$  は、被写体の種類や撮影条件から決定する。再構成フィルタの適用（影響）のあるY方向に関してのノイズ低減効果  $\beta_1 \sim \beta_N$  は、 $\alpha_1 \sim \alpha_N$  と、ステップS602で求めた利得比  $A_1 \sim A_N$  とに基づいて算出され、 $\alpha_1 \sim \alpha_N$  より小さい値となる。

10

#### 【0055】

以上のステップS601～S603が画像処理パラメータ選択回路111の処理に相当する。次に、ノイズ低減処理回路112の処理を説明する。

#### 【0056】

ステップS604において、ノイズ低減処理回路112は  $i = 1$  を設定し、ステップS605、S606、S607の処理を行う。ステップS608の判定で  $i \neq N$  の場合（S608-No）、 $i = i + 1$  とし（S609）、ステップS605、S606、S607の処理を繰り返す。

#### 【0057】

ステップS605において、ノイズ低減処理回路112は、 $i$  番目の分解レベルの画像  $I_i$  のX方向のノイズ成分  $N_{xi}$  を推定する。ノイズ成分の推定方法は、X方向とY方向とに独立して適用することができれば、既知のいかなる方法によってもよい。例えば、関心画素とその近傍の周辺画素の画素値の差に基づいて重みづけをする  $\varepsilon$  フィルタを用いたノイズ推定を、X方向とY方向で別々に適用することが可能である。

20

#### 【0058】

ステップS606において、ステップS605と同様に画像  $I_i$  のY方向のノイズ成分  $N_{yi}$  を推定する。

#### 【0059】

ステップS607において、ノイズ低減処理回路112は、(2)式を用いて、画像  $I_i$  から推定したノイズ成分を減算し、ノイズ低減画像  $J_i$  を取得する。

30

#### 【0060】

$$J_i = I_i - (\alpha_i N_{xi} + \beta_i N_{yi}) \cdots (2)$$

ステップS608の判定で、 $i \neq N$  の場合（S608-No）、 $i = i + 1$  とし（S609）、ステップS605、S606、S607の処理を繰り返す。 $i = N$  の場合（S608-Yes）、ステップS610の処理を実行する。

#### 【0061】

ステップS610において、ノイズ低減処理回路112は、ノイズ低減画像  $J_1 \sim J_N$  を周波数合成し、ノイズ低減された投影画像  $J$  を得る。以上のステップS604～S610までがノイズ低減処理回路112の処理に相当する。

#### 【0062】

40

本実施形態によれば、第1実施形態の効果に加えて、投影画像へのノイズ低減処理を、再構成フィルタの適用方向と、この適用方向と交差する方向とで別々の画像処理パラメータを用いて行うことができる。それにより、再構成フィルタによる平滑化効果と、投影画像に対するノイズ低減処理による平滑化効果を、再構成フィルタの適用方向を踏まえた形で調整でき、より好適にノイズ低減された断層画像を得ることができる。

#### 【0063】

（その他の実施形態）

以上が本発明の代表的な実施形態の例であるが、本発明は、上記の各実施形態に限定することなく、その要旨を変更しない範囲内で適宜変形して実施できるものである。例えば、近年、逐次近似法による断層撮影装置が実用化されている。逐次近似法は、初めに任意

50

の画像を仮定し、そこから計算した投影データ計算値と、実測値との差を比較し、補正を繰り返しながら画像を再構成していく技術である。この逐次近似法の計算の精度や、収束の速度を向上させるために、初期画像にフィルタードバックプロジェクション法による断層画像を使用して、計算を開始する手法が知られている。本発明は、このような逐次近似法の初期画像の作成においても適用でき、逐次近似法において好適にノイズ低減された画像を初期値とすることが可能である。

#### 【0064】

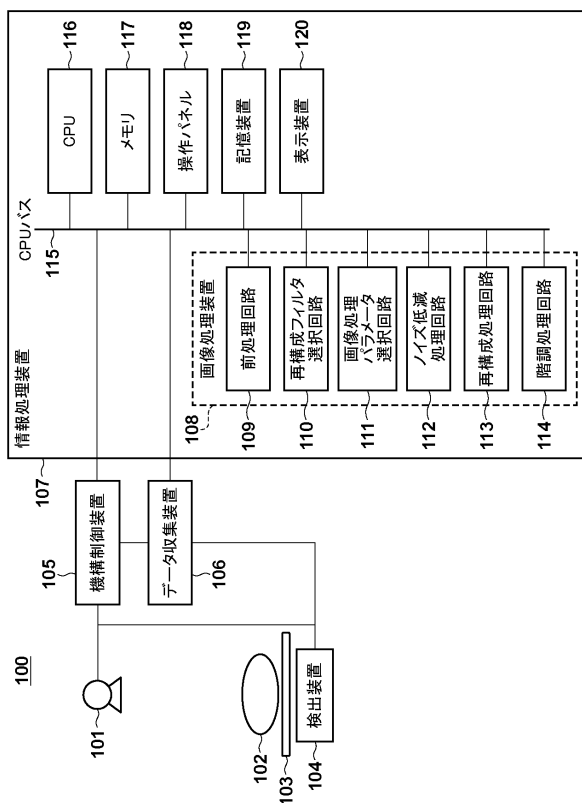
また、本発明はシステム、装置、方法、プログラム若しくは記憶媒体等としての実施態様を採ることもできる。具体的には、複数の機器から構成されるシステムに適用してもよいし、また、一つの機器からなる装置に適用してもよい。

#### 【0065】

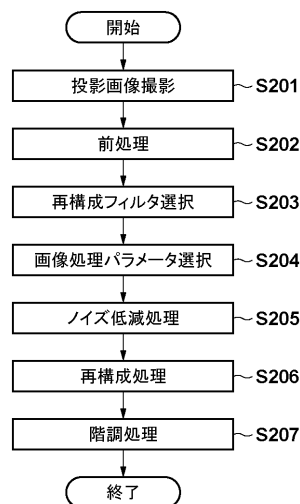
また、本発明は、以下の処理を実行することによっても実現される。即ち、上述した実施形態の機能を実現するソフトウェア（プログラム）を、ネットワーク又は各種記憶媒体を介してシステム或いは装置に供給し、そのシステム或いは装置のコンピュータ（またはCPUやMPU等）がプログラムを読み出して実行する処理である。

10

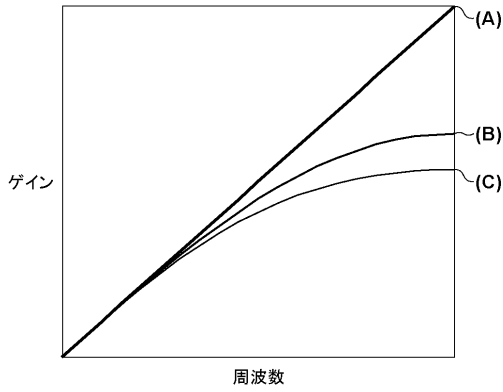
【図1】



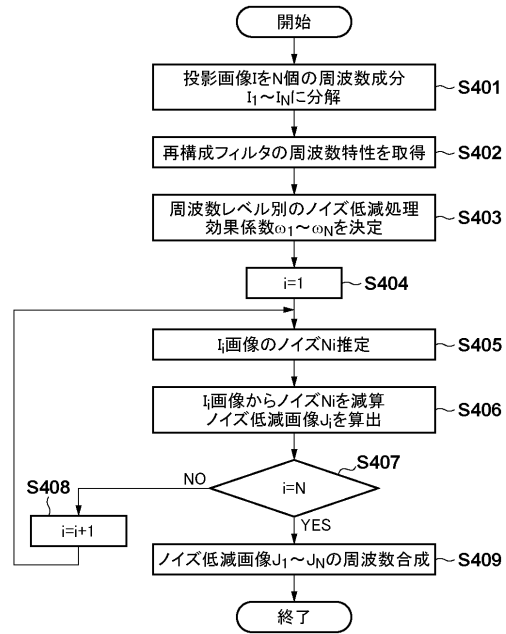
【図2】



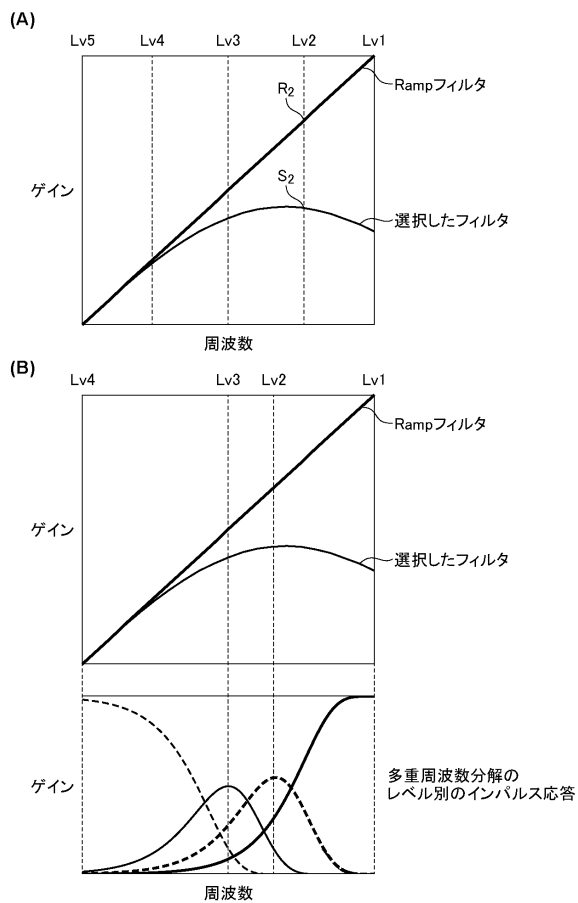
【図 3】



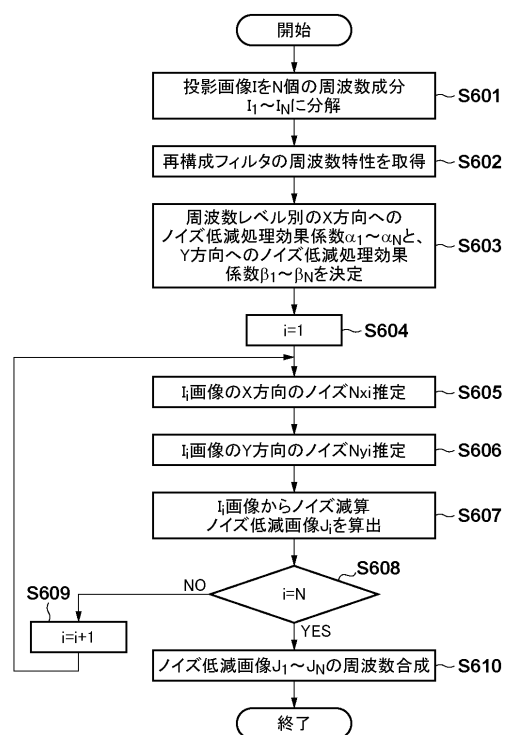
【図 4】



【図 5】



【図 6】



---

フロントページの続き

(72)発明者 小林 剛  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

審査官 伊藤 昭治

(56)参考文献 特開2013-027520 (JP, A)  
特開2012-045121 (JP, A)  
国際公開第2012/056364 (WO, A1)  
特開2006-000222 (JP, A)  
特開2004-086598 (JP, A)  
特開2005-160544 (JP, A)  
特開2008-154680 (JP, A)  
米国特許出願公開第2003/0076988 (US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
A61B 6/00 - 6/14