

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6253426号
(P6253426)

(45) 発行日 平成29年12月27日(2017.12.27)

(24) 登録日 平成29年12月8日(2017.12.8)

(51) Int.Cl.

A 6 1 B 6/03 (2006.01)

F 1

A 6 1 B 6/03 3 5 0 H
A 6 1 B 6/03 F

請求項の数 16 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2014-15144 (P2014-15144)
 (22) 出願日 平成26年1月30日 (2014.1.30)
 (65) 公開番号 特開2014-147757 (P2014-147757A)
 (43) 公開日 平成26年8月21日 (2014.8.21)
 審査請求日 平成29年1月26日 (2017.1.26)
 (31) 優先権主張番号 201310037546.X
 (32) 優先日 平成25年1月31日 (2013.1.31)
 (33) 優先権主張国 中国 (CN)

(73) 特許権者 300019238
 ジーイー・メディカル・システムズ・グローバル・テクノロジー・カンパニー・エルエルシー
 アメリカ合衆国、53188、ウィスconsin州、ワウケシャ、ノース・グランドビュー・ブルバード、300
 (74) 代理人 100137545
 弁理士 荒川 聰志
 (74) 代理人 100105588
 弁理士 小倉 博
 (74) 代理人 100129779
 弁理士 黒川 俊久
 (74) 代理人 100113974
 弁理士 田中 拓人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 CTスキャナの幾何学的較正のための方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも 1 列の検出器セル列を有する計算機式断層写真法 (CT) スキャナの幾何学的較正のための方法であって、前記少なくとも 1 列の検出器セル列の各々の列毎に、下記の各ステップすなわち

少なくとも 1 個の未知の幾何学的パラメータを含む前記 CTスキャナの完全な幾何学的記述を確定するステップと、

前記完全な幾何学的記述を用いて順投影関数の記述を確定するステップと、

現在の検出器セル列において、走査視野 (SFOV) に配置された較正ファントムの、複数の角度に対応する実際の投影座標を取得するステップ (ここで、前記現在の検出器セル列は $n \times q \times r$ の構造を有し、 n はモジュールの数を表わし、 q は各モジュールにおけるパックの数を表わし、 r は各パックにおける検出器セルの数を表わし、前記少なくとも 1 個の未知の幾何学的パラメータは、隣り合ったモジュールの間の ($n - 1$) 個の空隙のサイズと、ISO チャネル・オフセットとを含む) と、

前記順投影関数の前記記述を用いて、前記現在の検出器セル列において前記複数の角度に対応する前記較正ファントムの算出された投影座標を取得するステップと、

非線形最小自乗フィッティング・アルゴリズムを用いて、前記取得された実際の投影座標及び算出された投影座標に基づいて前記少なくとも 1 個の未知の幾何学的パラメータを評価することにより前記少なくとも 1 個の未知の幾何学的パラメータについての較正後の値を取得するステップと

を実行することを備えた方法。

【請求項 2】

前記順投影関数は次のように記述され、

$$x_p = P(x, y, S)$$

式中、 x_p は前記現在の検出器セル列において順投影角度に対応する前記較正ファントムの算出された投影座標を表わし、 x 及び y は前記較正ファントムの座標であり、 S は前記少なくとも 1 個の未知の幾何学的パラメータを含む集合であり、 P は前記順投影関数の記述である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記較正後の値を取得するステップは、前記非線形最小自乗フィッティング・アルゴリズムを用いて前記少なくとも 1 個の未知の幾何学的パラメータを評価することにより下記の目的関数を最小化するステップを含んでおり、

$$F = \sum_{i=1}^m (x_p(i) - P_i(x, y, S))^2$$

式中、 F は前記目的関数を表わし、 i は現在の走査角度を表わし、 m は走査角度の個数を表わし、 $x_p(i)$ は前記現在の検出器セル列において前記現在の走査角度に対応する前記較正ファントムの実際の投影座標を表わし、 $P_i(x, y, S)$ は前記現在の検出器セル列において前記現在の走査角度に対応する前記較正ファントムの算出された投影座標を表わす、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記現在の検出器セル列において前記現在の走査角度に対応する前記較正ファントムの前記実際の投影座標は、前記現在の検出器セル列において前記現在の走査角度に対応する前記較正ファントムの投影データのガウス中心である、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 5】

前記現在の検出器セル列において前記複数の角度に対応する前記較正ファントムの前記実際の投影座標は、前記複数の角度についての前記較正ファントムのアキシャル・スキヤンにより得られる、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記非線形最小自乗フィッティング・アルゴリズムは Powell 最適化アルゴリズムを含んでいる、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

前記較正ファントムは長さが 100 mm 及び径が 2 mm のピンである、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

前記少なくとも 1 個の未知の幾何学的パラメータについての前記較正後の値は後の画像再構成に用いられる、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

少なくとも 1 列の検出器セル列を有する計算機式断層写真法 (CT) スキャナの幾何学的較正のための装置であって、

少なくとも 1 個の未知の幾何学的パラメータを含む前記 CT スキャナの完全な幾何学的記述を確定する幾何学的記述確定手段と、

前記完全な幾何学的記述を用いて順投影関数の記述を確定する順投影関数確定手段と、現在の検出器セル列において、走査視野 (SFOV) に配置された較正ファントムの、複数の角度に対応する実際の投影座標を取得する実際投影座標取得手段であって、前記現在の検出器セル列は $n \times q \times r$ の構造を有し、式中、 n はモジュールの数を表わし、 q は各モジュールにおけるパックの数を表わし、 r は各パックにおける検出器セルの数を表わし、前記少なくとも 1 個の未知の幾何学的パラメータは、隣り合ったモジュールの間の ($n - 1$) 個の空隙のサイズと、ISO チャネル・オフセットとを含む実際投影座標取得手段と、

前記順投影関数の前記記述を用いて、前記現在の検出器セル列において前記複数の角度に対応する前記較正ファントムの算出された投影座標を取得する算出投影座標取得手段と

10

20

30

40

50

、非線形最小自乗フィッティング・アルゴリズムを介して前記取得された実際の投影座標及び算出された投影座標に基づいて前記少なくとも1個の未知の幾何学的パラメータを評価することにより、前記少なくとも1個の未知の幾何学的パラメータについての較正後の値を取得する較正後値取得手段と
を備えた装置。

【請求項10】

前記順投影関数は次のように記述され、

$$x_p = P(x, y, S)$$

式中、 x_p は前記現在の検出器セル列において順投影角度に対応する前記較正ファントムの算出された投影座標を表わし、 x 及び y は前記較正ファントムの座標であり、 S は前記少なくとも1個の未知の幾何学的パラメータを含む集合であり、 P は前記順投影関数の記述である、請求項9に記載の装置。 10

【請求項11】

前記較正後値取得手段は、前記非線形最小自乗フィッティング・アルゴリズムを介して前記少なくとも1個の未知の幾何学的パラメータを評価することにより下記の目的関数を最小化する目的関数最小化手段を含んでおり、

$$F = \sum_{i=1}^m (x_p(i) - P_i(x, y, S))^2$$

式中、 F は前記目的関数を表わし、 i は現在の走査角度を表わし、 m は走査角度の個数を表わし、 $x_p(i)$ は前記現在の検出器セル列において前記現在の走査角度に対応する前記較正ファントムの実際の投影座標を表わし、 $P_i(x, y, S)$ は前記現在の検出器セル列において前記現在の走査角度に対応する前記較正ファントムの算出された投影座標を表わす、請求項10に記載の装置。 20

【請求項12】

前記現在の検出器セル列において前記現在の走査角度に対応する前記較正ファントムの前記実際の投影座標は、前記現在の検出器セル列において前記現在の走査角度に対応する前記較正ファントムの投影データのガウス中心である、請求項11に記載の装置。

【請求項13】

前記現在の検出器セル列において前記複数の角度に対応する前記較正ファントムの前記実際の投影座標は、前記複数の角度についての前記較正ファントムのアキシャル・スキアンにより得られる、請求項9に記載の装置。 30

【請求項14】

前記非線形最小自乗フィッティング・アルゴリズムはPowell最適化アルゴリズムを含んでいる、請求項9に記載の装置。

【請求項15】

前記少なくとも1個の未知の幾何学的パラメータについての前記較正後の値は、後の画像再構成に用いられる、請求項9に記載の装置。

【請求項16】

少なくとも1列の検出器セル列を有するCTスキャナの幾何学的較正のための装置を有するCT走査システムであって、 40

前記装置は、

少なくとも1個の未知の幾何学的パラメータを含む前記CTスキャナの完全な幾何学的記述を確定する幾何学的記述確定手段と、

前記完全な幾何学的記述を用いて順投影関数の記述を確定する順投影関数確定手段と、
現在の検出器セル列において、走査視野(SFOV)に配置された較正ファントムの、
複数の角度に対応する実際の投影座標を取得する実際投影座標取得手段であって、前記現在の検出器セル列は $n \times q \times r$ の構造を有し、式中、 n はモジュールの数を表わし、 q は各モジュールにおけるパックの数を表わし、 r は各パックにおける検出器セルの数を表わし、前記少なくとも1個の未知の幾何学的パラメータは、隣り合ったモジュールの間の($n - 1$)個の空隙のサイズと、ISOチャネル・オフセットとを含む実際投影座標取得手 50

段と、

前記順投影関数の前記記述を用いて、前記現在の検出器セル列において前記複数の角度に対応する前記較正ファントムの算出された投影座標を取得する算出投影座標取得手段と

非線形最小自乗フィッティング・アルゴリズムを介して前記取得された実際の投影座標及び算出された投影座標に基づいて前記少なくとも1個の未知の幾何学的パラメータを評価することにより、前記少なくとも1個の未知の幾何学的パラメータについての較正後の値を取得する較正後値取得手段と

を備えたCT走査システム。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本開示は、計算機式断層写真法(CT)の分野に関し、具体的には、CTスキャナの幾何学的較正のための方法及び装置に関する。

【背景技術】

【0002】

CTスキャナの検出器の費用を抑えるために、CTスキャナに大型フラット・モジュール検出器が導入されている。この大型フラット・モジュール検出器は複数のフラット・モジュールを含んでおり、各々のモジュールが複数のパックを有し、各々のパックが複数の従来の検出器セルを有している。従来の第三世代彎曲型検出器アーキテクチャに比較して、この大型フラット・モジュール検出器は遙かに大きく、また他の多くの面で異なっている。例えば、大型フラット・モジュール検出器では、隣り合ったモジュールの間及び隣り合ったパックの間に空隙が存在するが、従来の第三世代彎曲型検出器アーキテクチャにはかかる空隙は含まれない。

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

検出器の実際の製造手法及び設置手法のため、これらの空隙の実際のサイズと設計サイズとの間の一一致を保証することは殆どできない。典型的には、隣り合ったパックの間の空隙の実際のサイズと設計サイズとの間の一一致は、製造時には比較的達成し易い。また、同じモジュール内の各パックは互いに平行に設置され得るので、隣り合ったパックの間の空隙のサイズが設置時に大きな誤差を蒙ることはない。しかしながら、隣り合ったモジュールの間の空隙については、検出器のモジュールは典型的には、互いに対して何らかの角度をなして斜めに設置されるので、隣り合ったモジュールの間の空隙のサイズに確率的誤差が導入され、隣り合ったモジュールの間の空隙のサイズが同じ検出器で異なっていたり、異なるシステムの間で異なっていたりする。

30

【0004】

さらに、大型フラット・モジュール検出器では、斜めに入射するX線フォトンが、モジュールのエッジに位置する検出器セルの実効応答位置に影響を与える場合があり、この実効応答位置が検出器セルの中心に位置しなくなり、これにより隣り合ったモジュールの間の空隙のサイズに影響を与える。

40

【0005】

少なくともこれらの要因のため、大型フラット・モジュール検出器での隣り合ったモジュールの間の空隙のサイズは測定不能になる。しかしながら、正確な空隙サイズ、具体的には隣り合ったモジュールの間の空隙のサイズは、高画質での画像再構成にとって極めて重要である。隣り合ったモジュールの間の空隙の実際のサイズと設計サイズとの間の不一致から、データ取得と画像再構成との間に不適合が少しでも生ずると、再構成画像に顕著な環状アーティファクトを招き得る。

【0006】

例えば、5(検出器におけるモジュールの数) × 4(各々のモジュールにおけるパック

50

の数) × 34(各々のパックにおける検出器セルの数)の構造の大型フラット・モジュール検出器について、隣り合ったパックの間の空隙のサイズは0.05mmであり、隣り合ったモジュールの間の空隙のサイズは0.15mmであることが要求される。一般的には、検出器の製造時及び設置時に、隣り合ったパックの間の空隙のサイズに導入される誤差は±0.02mmよりも小さく、隣り合ったモジュールの間の空隙のサイズに導入される誤差は±0.15mmよりも小さい。隣り合ったモジュールの間の空隙のサイズに導入される誤差が±0.04mmよりも大きいと、再構成画像に環状アーティファクトが生じて、望ましくない。

【0007】

一方、検出器がガントリに固定された後には、検出器の位置を調節することはできない。しかしながら、設置の精度を考慮すると、検出器の位置は望まれる位置に厳密には対応しない場合があり、このことはISOチャネルに影響を及ぼす。換言すると、実際のISOチャネルが望まれるISOチャネルでなくなる場合がある。不正確なISOチャネルが画像再構成工程に採用されると、変調伝達関数(MTF)が劣化する。さらに深刻なことに、再構成画像に重畳影像(double shadow)アーティファクトが現われる場合がある。

【0008】

上述の幾何学的パラメータ(例えば、隣り合ったモジュールの間の空隙のサイズ、及びISOチャネル)は測定不能であるが高品質再構成画像を実現するためには極めて重要であることを考えると、CTスキャナの幾何学的較正のための方法及び装置が必要とされている。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上述の問題を解決するために、本開示は、隣り合ったモジュールの間の空隙の正確なサイズ、正確なISOチャネル、及び改善されたMTFが得られ得るような大型フラット・モジュール検出器を含むCTスキャナの幾何学的較正のための単純で実効的な方法及び装置を提供する。

【0010】

本開示は、少なくとも1列の検出器セル列を有するCTスキャナの幾何学的較正のための方法を提供し、この方法は、上述の少なくとも1列の検出器セル列の各々の列毎に以下の各ステップを実行することを含んでいる。すなわち、

少なくとも1個の未知の幾何学的パラメータを含むCTスキャナの完全な幾何学的記述を確定する幾何学的記述確定ステップと、

上述の完全な幾何学的記述を用いて順投影関数の記述を確定する順投影関数確定ステップと、

現在の検出器セル列において複数の角度に対応する走査視野(SFOV)に配置された較正ファントムの実際の投影座標を取得する実際投影座標取得ステップと、

上述の順投影関数の記述を用いて、現在の検出器セル列において複数の角度に対応する較正ファントムの算出された投影座標を取得する算出投影座標取得ステップと、

非線形最小自乗フィッティング・アルゴリズムを介して取得された実際の投影座標及び算出された投影座標に基づいて上述の少なくとも1個の未知の幾何学的パラメータを評価することにより上述の少なくとも1個の未知の幾何学的パラメータについての較正後の値を取得する較正後値取得ステップと

を含んでいる。

【0011】

本発明の1又は複数の実施形態による方法では、現在の検出器セル列はn × q × rの構造を有し、式中、nはモジュールの数を表わし、qは各々のモジュールにおけるパックの数を表わし、rは各々のパックにおける検出器セルの数を表わす。

【0012】

本発明の1又は複数の実施形態による方法では、上述の少なくとも1個の未知の幾何学的パラメータは、隣り合ったモジュールの間の(n - 1)個の空隙のサイズと、1個のI

10

20

30

40

50

S〇チャネル・オフセットとを含んでいる。

【0013】

本発明の1又は複数の実施形態による方法では、順投影関数は次のように記述され、

$$x_p = P(x, y, S)$$

式中、 x_p は現在の検出器セル列において順投影角度に対応する較正ファントムの算出された投影座標を表わし、 x 及び y は較正ファントムの座標であり、 S は上述の少なくとも1個の未知の幾何学的パラメータを含む集合であり、 P は順投影関数の記述である。

【0014】

本発明の1又は複数の実施形態による方法では、上述の較正後値取得ステップは、上述の非線形最小自乗フィッティング・アルゴリズムを介して上述の少なくとも1個の未知の幾何学的パラメータを評価することにより下記の目的関数を最小化する目的関数最小化ステップを含んでおり、

$$F = \sum_{i=1}^m (x_p(i) - P_i(x, y, S))^2$$

式中、 F は目的関数を表わし、 $x_p(i)$ は現在の走査角度を表わし、 m は走査角度の個数を表わし、 $x_p(i)$ は現在の検出器セル列において現在の走査角度に対応する較正ファントムの実際の投影座標を表わし、 $P_i(x, y, S)$ は現在の検出器セル列において現在の走査角度に対応する較正ファントムの算出された投影座標を表わす。

【0015】

本発明の1又は複数の実施形態による方法では、現在の検出器セル列において現在の走査角度に対応する較正ファントムの実際の投影座標は、現在の検出器セル列において現在の走査角度に対応する較正ファントムの投影データのガウス中心である。

【0016】

本発明の1又は複数の実施形態による方法では、現在の検出器セル列において上述の複数の角度に対応する較正ファントムの実際の投影座標は、上述の複数の角度についての較正ファントムのアキシャル・スキャンによって得られる。

【0017】

本発明の1又は複数の実施形態による方法では、上述の非線形最小自乗フィッティング・アルゴリズムはPowellの最適化アルゴリズムを含んでいる。

【0018】

本発明の1又は複数の実施形態による方法では、較正ファントムは長さが100mmで径が2mmのピンである。

【0019】

本発明の1又は複数の実施形態による方法では、上述の少なくとも1個の未知の幾何学的パラメータについての較正後の値は後の画像再構成に用いられる。

【0020】

本開示はまた、少なくとも1列の検出器セル列を有するCTスキャナの幾何学的較正のための装置を提供し、この装置は、

少なくとも1個の未知の幾何学的パラメータを含むCTスキャナの完全な幾何学的記述を確定する幾何学的記述確定手段と、

上述の完全な幾何学的記述を用いて順投影関数の記述を確定する順投影関数確定手段と、

現在の検出器セル列において複数の角度に対応する走査視野(SFOV)に配置された較正ファントムの実際の投影座標を取得する実際投影座標取得手段と、

上述の順投影関数の記述を用いて現在の検出器セル列において複数の角度に対応する較正ファントムの算出された投影座標を取得する算出投影座標取得手段と、

非線形最小自乗フィッティング・アルゴリズムを介して取得された実際の投影座標及び算出された投影座標に基づいて上述の少なくとも1個の未知の幾何学的パラメータを評価することにより上述の少なくとも1個の未知の幾何学的パラメータについての較正後の値を取得する較正後値取得手段と

を含んでいる。

10

20

30

40

50

【0021】

本発明の1又は複数の実施形態による装置では、現在の検出器セル列は $n \times q \times r$ の構造を有し、式中、 n はモジュールの数を表わし、 q は各々のモジュールにおけるパックの数を表わし、 r は各々のパックにおける検出器セルの数を表わす。

【0022】

本発明の1又は複数の実施形態による装置では、上述の少なくとも1個の未知の幾何学的パラメータは、隣り合ったモジュールの間の($n - 1$)個の空隙のサイズと、1個のISOチャネル・オフセットとを含んでいる。

【0023】

本発明の1又は複数の実施形態による装置では、順投影関数は次のように記述され、

$$x_p = P(x, y, S)$$

式中、 x_p は現在の検出器セル列において順投影角度に対応する較正ファントムの算出された投影座標を表わし、 x 及び y は較正ファントムの座標であり、 S は上述の少なくとも1個の未知の幾何学的パラメータを含む集合であり、 P は順投影関数の記述である。

【0024】

本発明の1又は複数の実施形態による装置では、上述の較正後値取得手段は、上述の非線形最小自乗フィッティング・アルゴリズムを介して上述の少なくとも1個の未知の幾何学的パラメータを評価することにより下記の目的関数を最小化する目的関数最小化ステップを含んでおり、

$$F = \sum_{i=1}^m (x_p(\theta_i) - P(\theta_i(x, y, S)))^2$$

式中、 F は目的関数を表わし、 θ_i は現在の走査角度を表わし、 m は走査角度の個数を表わし、 $x_p(\theta_i)$ は現在の検出器セル列において現在の走査角度に対応する較正ファントムの実際の投影座標を表わし、 $P(\theta_i(x, y, S))$ は現在の検出器セル列において現在の走査角度に対応する較正ファントムの算出された投影座標を表わす。

【0025】

本発明の1又は複数の実施形態による装置では、現在の検出器セル列において現在の走査角度に対応する較正ファントムの実際の投影座標は、現在の検出器セル列において現在の走査角度に対応する較正ファントムの投影データのガウス中心である。

【0026】

本発明の1又は複数の実施形態による装置では、現在の検出器セル列において上述の複数の角度に対応する較正ファントムの実際の投影座標は、上述の複数の角度についての較正ファントムのアキシャル・スキャンによって得られる。

【0027】

本発明の1又は複数の実施形態による装置では、上述の非線形最小自乗フィッティング・アルゴリズムは Powell の最適化アルゴリズムを含んでいる。

【0028】

本発明の1又は複数の実施形態による装置では、較正ファントムは長さが 100 mm で径が 2 mm のピンである。

【0029】

本発明の1又は複数の実施形態による装置では、上述の少なくとも1個の未知の幾何学的パラメータについての較正後の値は後の画像再構成に用いられる。

【0030】

本開示はさらに、本発明の1又は複数の実施形態による少なくとも1列の検出器セル列を有するCTスキャナの幾何学的較正のための装置を含むCT走査システムを提供する。

【0031】

本開示によって提供される方法及び装置は、大型フラット・モジュール検出器を備えたCTスキャナについて測定不能な幾何学的パラメータを正確に得ることができ、少なくとも下記の利点を有する。すなわち、

本発明は、安価な大型フラット・モジュール検出器をCTスキャナに適用する可能性を保証すること、

10

20

30

40

50

本発明は実装し易く、較正ファントムは極めて単純であり、走査プロトコルは通常のアキシャル・スキャンであり、計算は高速であること、

本発明は、隣り合ったモジュールの間の空隙のサイズ及びISOチャネルを正確に取得することができ、隣り合ったモジュールの間の空隙の不正確なサイズ及び不正確なISOチャネルによって誘発されるアーティファクトが完全に解消され、MTFが改善され得ること

である。

【図面の簡単な説明】

【0032】

本発明は、添付図面を参照して各実施形態の下記の詳細な説明を読むと当業者にはさらに明らかとなろう。 10

【図1】本発明の一実施形態による大型フラット・モジュール検出器を有するCTスキャナの完全な幾何学的記述を示す概略図である。

【図2】本発明の一実施形態による大型フラット・モジュール検出器を有するCTスキャナのための順投影工程を示す概略図である。

【図3】本発明の一実施形態による大型フラット・モジュール検出器を有するCTスキャナの幾何学的較正のための方法を示す流れ図である。

【図4】本発明の一実施形態による現在の検出器セル列において現在の走査角度に対応する較正ファントムの投影データのガウス中心を示す図である。

【図5】本発明の一実施形態による非線形最小自乗フィッティング・アルゴリズムの入力及び出力の概略図である。 20

【図6】本発明の一実施形態による大型フラット・モジュール検出器を有するCTスキャナの幾何学的較正のための装置を示すプロック図である。

【図7】ディジタル・シミュレーションに基づく本発明の一実施形態による幾何学的較正の前後での再構成画像のコントラストを掲げる図である。

【図8】大型フラット・モジュール検出器を有するCTスキャナからの真のデータに基づく本発明の一実施形態による幾何学的較正の前後での水ファントム再構成画像のコントラストを掲げる図である。

【図9】大型フラット・モジュール検出器を有するCTスキャナからの真のデータに基づく本発明の一実施形態による幾何学的較正の前後でのQAファントム再構成画像のコントラストを掲げる図である。 30

【図10】大型フラット・モジュール検出器を有するCTスキャナからの真のデータに基づく本発明の一実施形態による幾何学的較正の前後でのGEPFファントム再構成画像のコントラストを掲げる図である。

【発明を実施するための形態】

【0033】

本書に記載される発明の各実施形態は、添付図面に例示のために図示されており制限のためではない。図を単純化して分かり易くするために、図面に示す要素は必ずしも一定の縮尺で描かれていない。例えば、分かり易くするために幾つかの要素の寸法が他の要素に対して拡大されている場合がある。さらに、適当であると考えられる場合には、対応する要素又は類似の要素を示すために図面の間で参照番号を繰り返している。明細書での発明の「一実施形態」又は「実施形態」に対する参照は、当該実施形態に関連して記載される特定の特徴、構造、又は特性が発明の少なくとも一つの実施形態に含まれることを意味する。このように、明細書を通じて様々な箇所に「一実施形態では」との文言が出現しても、必ずしも全てが同じ実施形態を参照しているとは限らない。 40

【0034】

本発明は、CTスキャナの設置の後にCTスキャナの幾何学的較正によってCTスキャナの正確な幾何学的パラメータを取得する。典型的には、CTスキャナの完全な幾何学的記述は、幾何学的較正の前に設定されており、すなわちCTスキャナは当該CTスキャナの幾何学的パラメータを通じて完全に記述されている。かかる幾何学的パラメータは、X 50

線源に関する幾何学的パラメータと、検出器に関する幾何学的パラメータとの二つの分類に分けられ得る。

【0035】

X線源に関する幾何学的パラメータとしては、例えばX線源座標、X線源とISOとの間の距離、及びX線源と検出器との間の距離等がある。

【0036】

検出器に関する幾何学的パラメータとしては、例えば検出器セルのサイズ、検出器セルの数、及びISOチャネル・オフセット等がある。CTスキャナが大型フラット・モジュール検出器を有するときに、検出器に関する幾何学的パラメータはさらに、例えば隣り合ったモジュールの間の空隙のサイズ、及び隣り合ったパックの間の空隙のサイズを含み得る。10

【0037】

通常、X線源に関する幾何学的パラメータは正確に測定され得る。また、検出器に関する幾何学的パラメータの中で、検出器セルのサイズ及び数も正確に知ることができる。しかしながら、ISOチャネル・オフセット、隣り合ったモジュールの間の空隙のサイズ、及び隣り合ったパックの間の空隙のサイズのような幾何学的パラメータは典型的には、検出器の実際の製造手法及び設置手法によって導入される誤差のため、不正確に測定可能であるか又は測定不能である。

【0038】

不正確に測定可能であるか又は測定不能であるような幾何学的パラメータの実際の値を得るために、本発明は較正ファントムをSFOVに載置し、CTスキャナを介してこの較正ファントムのアキシャル・スキャンを行なって、現在の検出器セル列において複数の角度に対応する較正ファントムの実際の投影座標を取得し、この較正ファントムに順投影関数を施して現在の検出器セル列において複数の角度に対応する較正ファントムの算出された投影座標を取得し、実際の値に最も近い値を得るように、不正確に測定可能であるか又は測定不能であるような幾何学的パラメータを、非線形最小自乗フィッティング・アルゴリズムを介して複数の角度について取得された実際の投影座標及び算出された投影座標に基づいて評価する。このようにして得られた値を本書では較正後の値と呼ぶ。20

【0039】

以下では、x方向に5(検出器におけるモジュールの数)×4(各々のモジュールにおけるパックの数)×34(各々のパックにおける検出器セルの数)の構造の大型フラット・モジュール検出器を有するCTスキャナの例を介して本発明を詳細に記載する。通常、CTスキャナに用いられるかかる大型フラット・モジュール検出器は、z方向に8列又は16列の列を成して配置される場合があり、各々の列が5×4×34の検出器セルを有する。精度を高めるために、検出器セルの各々の列に対して独立に幾何学的較正を行なうことができる。30

【0040】

尚、本発明は、x方向に5×4×34の構造の大型フラット・モジュール検出器を有するCTスキャナに限定されている訳ではなく、他の構造の大型フラット・モジュール検出器を有するCTスキャナも本発明に適用され得ることを特記しておく。加えて、彎曲型検出器アーキテクチャのCTスキャナも本発明に適用可能であり、この場合には評価を必要とする未知の幾何学的パラメータは、例えばISOチャネル・オフセットであり得る。40

【0041】

図1は、本発明の一実施形態による大型フラット・モジュール検出器を有するCTスキャナの完全な幾何学的記述を示す概略図であって、ここではCTスキャナは、x方向に5×4×34の構造の大型フラット・モジュール検出器を有し、S(x_s, y_s)はX線源座標を示す。表1に示すように、x方向に5×4×34の構造の大型フラット・モジュール検出器を有するCTスキャナについての完全な幾何学的記述の確定は、二つの分類の幾何学的パラメータすなわちX線源に関する幾何学的パラメータ及び検出器に関する幾何学的パラメータを必要とし、これらのパラメータは合計で26個の幾何学的パラメータを50

含んでいる。

(表1)

[分類]

[X線源関係]

(幾何学的パラメータ／特性についての特記事項)

x_s : X線源のx軸座標 (mm)

正確に測定可能、ドリフト無し

y_s : X線源のy軸座標 (mm)

正確に測定可能、ドリフト無し

$s r c 2 i s o$: X線源からISOまでの距離 (mm)

10

正確に測定可能

$s r c 2 d e t$: X線源から検出器までの距離 (mm)

正確に測定可能

[検出器関係]

(幾何学的パラメータ／特性についての特記事項)

$p i x S i z e$: 検出器セルのサイズすなわち隣り合った検出器セルの中心の間の距離 (mm)

正確に既知

$n u m C e l l$: 現在の列の検出器セルの数

20

正確に既知

$c o l O f f s e t$: 現在の検出器セル列のISOチャネル・オフセット

不正確に測定可能であるが、高品質再構成画像には極めて重要

$m o d G a p$: 現在の検出器セル列の隣り合ったモジュールの間の空隙のサイズ。合計で4個の $m o d G a p$ (mm)

測定不能であるが、高品質再構成画像には極めて重要

$p a c k G a p$: 現在の検出器セル列の隣り合ったパックの間の空隙のサイズ。合計で 3×5 個の $p a c k G a p$ (mm)

測定不能であり、高品質再構成画像には重要でない

これらの幾何学的パラメータの中で、実際には、正確に測定可能でないか又は測定不能である幾何学的パラメータは合計で20個であり、すなわち1個の $c o l O f f s e t$ 、4個の $m o d G a p$ 、及び15個の $p a c k G a p$ である。一方では、隣り合ったパックの間の空隙のサイズについての設計値は0.05mmに過ぎず、検出器セルのサイズ及びX線源と検出器との間の距離に比較して相対的に小さい。他方では、検出器の製造において蒙る隣り合ったパックの間の空隙のサイズについての誤差は通常±0.02mmであり、この値もまた極く小さい。このようなものとして、隣り合ったパックの間の空隙のサイズについてのかかる小さい誤差は、画像ノイズの存在下では再構成画像に目立ったアーティファクトを招くことはない。従って、画像再構成工程時には隣り合ったパックの間の空隙のサイズ(すなわち15個の $p a c k G a p$)については設計値が典型的には採用される。このように、幾何学的較正は、未知の幾何学的パラメータすなわち1個の $c o l O f f s e t$ 、及び4個の $m o d G a p$ に関するもののみとなる。すると、未知の幾何学的パラメータの数は、20個から5個まで減少し、これにより最適化の計算量が著しく減少して、幾何学的パラメータ(すなわちISOチャネル・オフセット、及び隣り合ったモジュールの間の空隙のサイズ)のさらに信頼性の高い値を得ることを助ける。これら5個の未知の幾何学的パラメータは高品質再構成画像に極めて重要であり、実験によって較正される必要がある。以下であらためて詳細に説明するように、これら5個の未知の幾何学的パラメータは、非線形最小自乗フィッティング・アルゴリズムを介して評価される。

30

【0042】

完全な幾何学的記述が確定されたCTスキャナについては、図2に示すように、SFOVにおける任意の点が、順投影関数を通して検出器において一意の投影点を有し得る。図2は、本発明の一実施形態による大型フラット・モジュール検出器を有するCTスキャナ

40

50

についての順投影工程を示す概略図であり、同図では、CTスキャナは、 x 方向に $5 \times 4 \times 3$ の構造の大型フラット・モジュール検出器を有し、 $S(x_s, y_s)$ はX線源の座標を表わし、 $Pin(x, y)$ はSFOVにおいて走査されるべき点の座標を表わす。大型フラット・モジュール検出器を有するCTスキャナに対応する順投影関数は極めて複雑であり、単純な解析式を有しない場合があるが、CTスキャナの完全な幾何学的記述を設定するための全ての幾何学的パラメータによって十分に記述することができる。例えば、本発明の一実施形態による順投影工程は次のように記述され得る。

【0043】

$$x_p = P(x, y, S) \quad (1)$$

式中、 x_p は現在の検出器セル列において順投影角度に対応するSFOVにおける点の算出された投影座標を表わし、 x 及び y は点の座標であり、 S は隣り合ったモジュールの間の空隙のサイズ（合計数4）及びISOチャネル・オフセット（合計数1）の5個の未知の幾何学的パラメータの集合であり、 P は順投影関数の記述である。10

【0044】

式(1)は、合計で7個の未知のパラメータを含み、すなわち上述の点の座標 x 及び y 、及び較正されるべき5個の幾何学的パラメータすなわち隣り合ったモジュールの間の空隙のサイズ（合計数4）及びISOチャネル・オフセット（合計数1）を含んでいる。

【0045】

図3は、本発明の一実施形態による大型フラット・モジュール検出器を有するCTスキャナの幾何学的較正のための方法を示す流れ図であって、CTスキャナは、 x 方向に $5 \times 4 \times 3$ の構造の大型フラット・モジュール検出器を有する。20

【0046】

ステップS310では、適当なサイズの較正ファントムをSFOVの適当な位置に配置して、少なくとも現在の検出器セル列の全ての隣り合ったモジュールの間の空隙の網羅を保証し、最適化に十分な式を保証する。本発明による一実施形態では、長さが100mm及び径が2mmのピンを較正ファントムとすることができる、SFOV中心から約200mmだけ離れて配置されて、検出器セルの全ての列の隣り合ったモジュールの間の空隙を網羅するようとする。

【0047】

ステップS320では、CTスキャナは、複数の角度について較正ファントムのアキシャル・スキャンを実行し、これにより複数の角度に対応する較正ファントムの投影画像を得る。原理的には、 S は、7個の角度についてのアキシャル・スキャン・データ取得に基づいて評価され得る。しかしながら、高精度を達成するために、本発明による一実施形態では、CTスキャナは、較正ファントムの完全なアキシャル・スキャンを実行する。すなわち例えば、1秒間に1回のサイクルで走査を行ない、このようにして984枚の投影画像を生成し、すなわち984個の角度に対応する較正ファントムの投影画像を得る。30

【0048】

ステップS330では、現在の検出器セル列において各々の角度に対応する較正ファントムの投影データが、複数の角度に対応する較正ファントムの得られた投影画像から抽出され、現在の検出器セル列において各々の角度に対応する較正ファントムの投影データのガウス中心（すなわち応答曲線の最大減弱に対応する検出器セルの位置）が算出され、このガウス中心が、図4の x_p に示すように現在の検出器セル列において当該角度に対応する較正ファントムの実際の投影座標となる。40

【0049】

ステップS340では、順投影関数を較正ファントムに適用して、現在の検出器セル列において複数の角度に対応する較正ファントムの算出された投影座標を取得する。

【0050】

ステップS350では、非線形最小自乗フィッティング・アルゴリズムを介して実際の投影座標及び算出された投影座標に基づいて下記の目的関数を最適化し、これにより現在の検出器セル列に対応する x 、 y 、及び S についての較正後の値を取得して、下記の目的50

関数の最小値を導く。

【0051】

$$F = \sum_{i=1}^m (x_p(i) - P_i(x, y, S))^2 \quad (2)$$

式中、 F は目的関数を表わし、 i は現在の走査角度を表わし、 m は走査角度の個数を表わし、 $x_p(i)$ は現在の検出器セル列において現在の走査角度に対応する較正ファントムの実際の投影座標を表わし、 $P_i(x, y, S)$ は現在の検出器セル列において現在の走査角度に対応する較正ファントムの算出された投影座標を表わす。本発明による一実施形態では、Powell最適化アルゴリズムを用いて下記の目的関数を最適化する。

【0052】

$$F = \sum_{i=1}^{984} (x_p(i) - P_i(x, y, S))^2 \quad (3)$$

この最適化工程については、後にあらためて詳述する。

【0053】

ステップ S 360 では、現在の検出器セル列の S についての較正後の値が出力される。

【0054】

ステップ S 370 では、ステップ S 330 から S 360 が検出器セルの残りの列について繰り返され、これにより検出器セルの残りの列の S についての較正後の値を出力する。

【0055】

検出器セルの全ての列の S についての出力された較正後の値は、後の画像再構成工程に用いられる。

《最適化工程》

20

非線形最小自乗フィッティング・アルゴリズムを介して目的関数 (2) を最適化する際には、パラメータの初期集合が先ず用いられる。パラメータの初期集合はベクトル V_{ini} によって表わされるパラメータの集合であって、下記のパラメータを含んでいる。すなわち、

較正ファントムの位置パラメータ : x, y

未知の幾何学的パラメータの集合 : S 。

ここで、未知の幾何学的パラメータの集合 (S) は、隣り合ったモジュールの間の空隙のサイズを示す $modGap$ 、及び ISO チャネル・オフセットを示す $colOffSet$ を含んでいる。

【0056】

30

尚、この未知の幾何学的パラメータの集合は、上に掲げられた幾何学的パラメータに限定されないことを理解されたい。適當な幾何学的パラメータが、実際の必要に応じて当業者によって選択されてよい。

【0057】

較正ファントムの位置パラメータ x, y の初期値は経験的に設定されることができ、未知の幾何学的パラメータの集合 (S) の初期値は、検出器の設計値に従って設定され得る。本発明による一実施形態では、較正ファントムの位置パラメータ x, y の初期値は (0, 200) に設定できることができる、すなわち較正ファントムは y 軸において ISO から 200 mm だけ離隔して位置し、 $modGap$ は初期値が 0.15 mm であり、 $colOffSet$ は初期値が 0 である。

40

【0058】

前述のように、非線形最小自乗フィッティング・アルゴリズムを介して目的関数 (2) を最適化する際に、パラメータの初期集合、例えば $V_{ini} = (x_0, y_0, S_0)$ が先ず用いられ、ここで、 x_0, y_0 は較正ファントムの位置 x, y の初期値を表わし、 S_0 は未知の幾何学的パラメータの集合 (S) の初期値を表わす。このようなものとして、式 (1) によって記述されるような順投影工程に続いて、現在の検出器セル列において角度 θ に対応する較正ファントムの算出された投影座標を得ることができる。

【0059】

$$x_p = P(\theta, x_0, y_0, S_0)$$

最適化の目的のために、CTスキャナは、複数の角度について SFOV の較正ファントム

50

ムのアキシャル・スキャンを実行して、対応する角度についての投影画像を得る必要がある。次いで、現在の検出器セル列に対応する投影データが、複数の角度に対応する得られた投影画像から抽出されて、現在の検出器セル列において各々の角度に対応する較正ファントムの投影データのガウス中心が算出され、このガウス中心が、現在の検出器セル列において当該角度に対応する較正ファントムの実際の投影座標となる。式(1)の後には、現在の検出器セル列において各々の角度に対応する較正ファントムの算出された投影座標が得られる。次いで、複数の角度についての実際の投影座標及び対応する算出された投影座標に基づいて非線形最小自乗フィッティング・アルゴリズムを介してパラメータの最終的な集合(V)が得られる。パラメータの最終的な集合(V)における S の値が、対応する実際の値に最も近い。

10

【0060】

図5は、本発明の一実施形態による非線形最小自乗フィッティング・アルゴリズムの入力及び出力を概略的に示す。較正されるべきパラメータ、現在の検出器セル列において複数の角度に対応する較正ファントムの実際の投影座標及び算出された投影座標が非線形最小自乗フィッティング・アルゴリズムに入力されて、設置されたCTスキャナに最も適合する幾何学的パラメータを得ることができる。図5に示すように、較正されるべきパラメータ、現在の検出器セル列において複数の角度に対応する較正ファントムの実際の投影座標及び算出された投影座標が非線形最小自乗フィッティング・アルゴリズムのための入力となり、このアルゴリズムを介して、較正されるべきパラメータが最適化されて、較正後のパラメータを生成する。

20

【0061】

検出器セルの所定の列(5×4×34の構造を有する)に対して独立した幾何学的較正を実行するときに、較正されるべきパラメータ、現在の検出器セル列において少なくとも7個の角度に対応する較正ファントムの実際の投影座標及び算出された投影座標が、非線形最小自乗フィッティング・アルゴリズムのための入力となり、このアルゴリズムを介して、較正されるべきパラメータが最適化されて、較正後のパラメータを生成する。本発明の一実施形態によれば、較正されるべきパラメータ、現在の検出器セル列において984個の角度に対応する較正ファントムの実際の投影座標及び算出された投影座標が、非線形最小自乗フィッティング・アルゴリズムのための入力となり、このアルゴリズムを介して、較正されるべきパラメータが最適化されて、較正後のパラメータを生成する。

30

【0062】

本発明の一実施形態によれば、較正されるべきパラメータは、例えばPowell最適化アルゴリズム、又は他の任意の適当な非線形最小自乗フィッティング・アルゴリズムを介して最適化され得る。

【0063】

このようにして較正された幾何学的パラメータが臨床応用に用いられて、環状アーティファクトが解消され、MTFが改善された高品質再構成画像を得る。

【0064】

図6は、本発明の一実施形態による大型フラット・モジュール検出器を有するCTスキャナの幾何学的較正のための装置600を示すブロック図である。装置600は、少なくとも1個の未知の幾何学的パラメータを含むCTスキャナの完全な幾何学的記述を確定する幾何学的記述確定手段と、上述の完全な幾何学的記述を用いて順投影関数の記述を確定する順投影関数確定手段と、現在の検出器セル列において複数の角度に対応する走査視野(SFOV)に配置された較正ファントムの実際の投影座標を取得する実際投影座標取得手段と、上述の順投影関数の記述を用いて現在の検出器セル列において複数の角度に対応する較正ファントムの算出された投影座標を取得する算出投影座標取得手段と、非線形最小自乗フィッティング・アルゴリズムを介して取得された実際の投影座標及び算出された投影座標に基づいて上述の少なくとも1個の未知の幾何学的パラメータを評価することにより上述の少なくとも1個の未知の幾何学的パラメータについての較正後の値を取得する較正後値取得手段とを含んでいる。

40

50

【0065】

表2は、本発明の一実施形態による幾何学的較正の後の較正後の値及びディジタル・シミュレーションに基づくシミュレーション値を示す。

(表2)

[第1群]

(シミュレーション値)

I SOチャネル・オフセット(チャネル数) : -5.272

隣り合ったモジュールの間の空隙1(m m) : 0.08

隣り合ったモジュールの間の空隙2(m m) : 0.24

隣り合ったモジュールの間の空隙3(m m) : 0.30

隣り合ったモジュールの間の空隙4(m m) : 0.18

10

(較正後の値)

I SOチャネル・オフセット(チャネル数) : -5.270

隣り合ったモジュールの間の空隙1(m m) : 0.075

隣り合ったモジュールの間の空隙2(m m) : 0.241

隣り合ったモジュールの間の空隙3(m m) : 0.299

隣り合ったモジュールの間の空隙4(m m) : 0.177

[第2群]

(シミュレーション値)

I SOチャネル・オフセット(チャネル数) : -5.25

20

隣り合ったモジュールの間の空隙1(m m) : 0.28

隣り合ったモジュールの間の空隙2(m m) : 0.56

隣り合ったモジュールの間の空隙3(m m) : 0.48

隣り合ったモジュールの間の空隙4(m m) : 0.38

(較正後の値)

I SOチャネル・オフセット(チャネル数) : -5.248

隣り合ったモジュールの間の空隙1(m m) : 0.272

隣り合ったモジュールの間の空隙2(m m) : 0.559

隣り合ったモジュールの間の空隙3(m m) : 0.480

隣り合ったモジュールの間の空隙4(m m) : 0.372

30

表2に掲げられた較正後の値及びシミュレーション値から分かるように、本発明の一実施形態による幾何学的較正から得られる較正後の幾何学的パラメータ(すなわち較正後の値)は、シミュレーションにおいて与えられる幾何学的パラメータ(すなわちシミュレーション値)に殆ど等しい。

【0066】

図7は、ディジタル・シミュレーションに基づく本発明の一実施形態による幾何学的較正の前後での再構成画像のコントラストを掲げる。左側が幾何学的較正の前の再構成画像であり、環状アーティファクトが現われており、右側が幾何学的較正の後の再構成画像であり、環状アーティファクトが解消されている。

【0067】

40

図8は、大型フラット・モジュール検出器を有するCTスキャナからの真のデータに基づく本発明の一実施形態による幾何学的較正の前後での水ファントム再構成画像のコントラストを掲げる。上の図は幾何学的較正の前の水ファントム再構成画像を示しており、径が161.5mmの外側の環状アーティファクトと、径が78.4mmの内側の環状アーティファクトとの二つの環状アーティファクトが現われており、下の図は幾何学的較正の後の水ファントム再構成画像であり、環状アーティファクトが解消されている。

【0068】

図9は、大型フラット・モジュール検出器を有するCTスキャナからの真のデータに基づく本発明の一実施形態による幾何学的較正の前後でのQAファントム再構成画像のコントラストを掲げる。上の図は幾何学的較正の前のQAファントム再構成画像を示しており

50

、下の図は幾何学的較正の後の Q A ファントム再構成画像である。看取されるように、本発明の一実施形態による幾何学的較正の後には、Q A ファントム再構成画像の分解能が改善されている。

【 0 0 6 9 】

図 10 は、大型フラット・モジュール検出器を有する CT スキャナからの真のデータに基づく本発明の一実施形態による幾何学的較正の前後の G E P P ファントム再構成画像のコントラストを掲げる。上の図は幾何学的較正の前の G E P P ファントム再構成画像を示し、下の図は幾何学的較正の後の G E P P ファントム再構成画像である。看取されるように、本発明の一実施形態による幾何学的較正の後には、不正確な I S O チャネルによって蒙る重畠影像アーティファクトが解消されており、これにより改善された M T F が得られる。

10

【 0 0 7 0 】

本発明による方法及び装置は、極く単純な較正ファントム（例えばピン）を介して大型フラット・モジュール検出器を有する CT スキャナの容易で高速な幾何学的較正を実行することができ、ピンを導入しても費用が著しく増大することはない。本発明は、通常のアキシャル・スキャンに頼るのみであり、従って将来の製品まで容易に拡張され得る。加えて、本発明はパラメータ最適化のために非線形最小自乗フィッティング・アルゴリズムを用いているので、計算は極めて高速で信頼性が高く、典型的には、2 秒間から 3 秒間で完了することができる。

20

特定の実施形態を参照して本発明を詳細に記載したが、当業者は、本発明が上述の各実施形態に限定されないことを理解されよう。特許請求の範囲において画定される本発明の範囲から逸脱することなく、本発明に多くの改変及び変形を施すことができる。

【 符号の説明 】

【 0 0 7 2 】

6 0 0 : 大型フラット・モジュール検出器を有する CT スキャナの幾何学的較正のための装置

【図1】

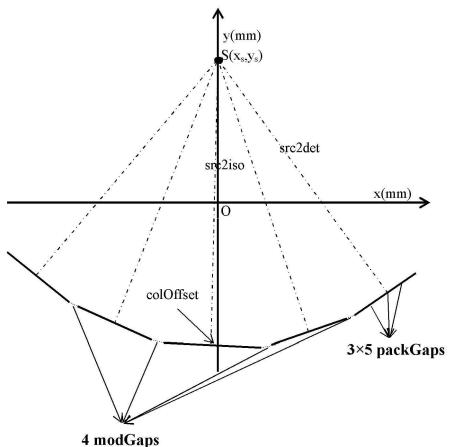


Fig. 1

【図2】

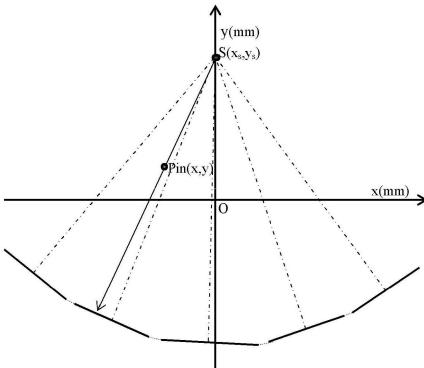


Fig. 2

【図3】

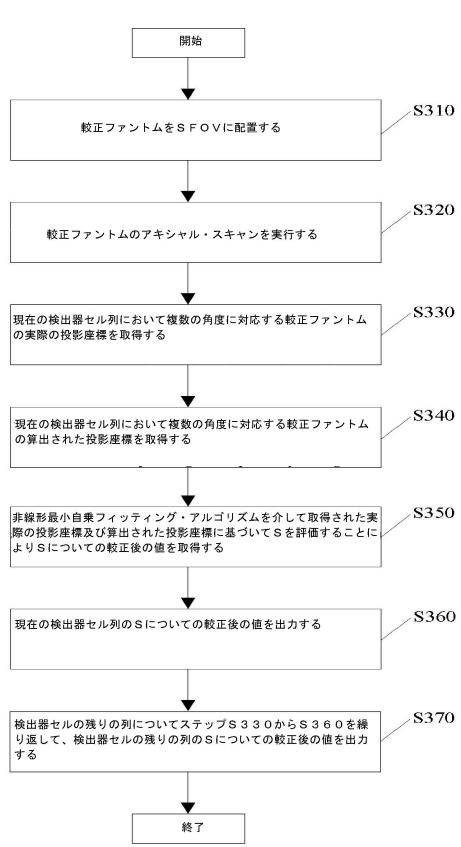


Fig. 3

【図4】



Fig. 4

【図5】



Fig. 5

【図 6】

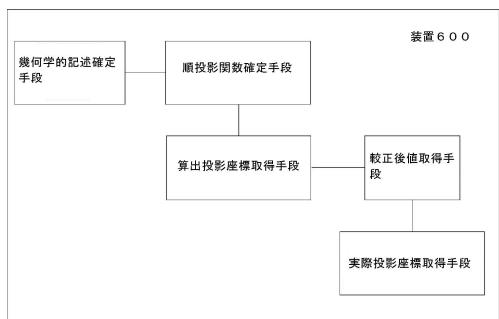
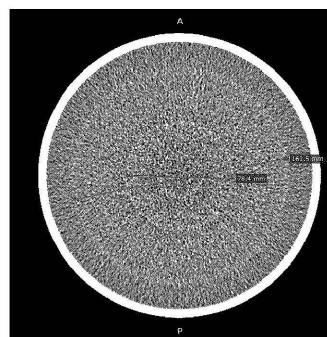


Fig. 6

【図 8】



【図 7】

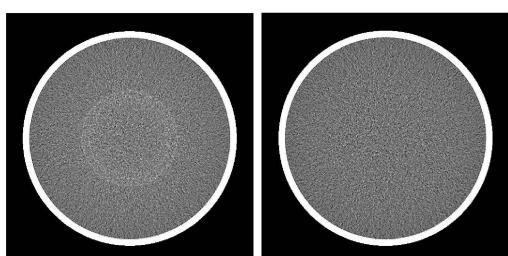


Fig. 7

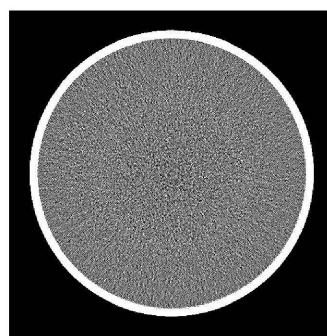


Fig. 8

【図 9】

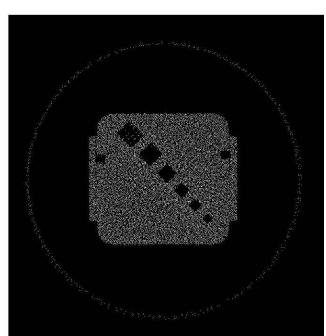
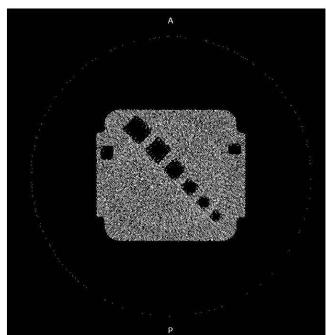


Fig. 9

【図 10】

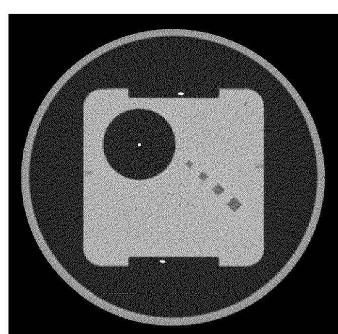
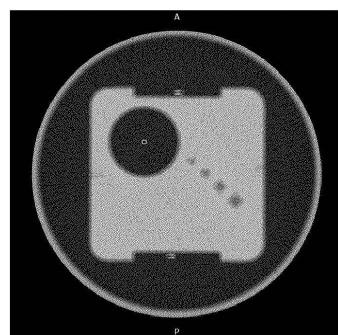


Fig. 10

フロントページの続き

(72)発明者 チャーチン・ドン

中華人民共和国、ペイジン、100176、ペイジン・エコノミック・アンド・テクノロジカル・デベロブメント・エリア、ヨンチャン・ノース・ロード、2番

(72)発明者 シュオ・リ

中華人民共和国、ペイジン、100176、ペイジン・エコノミック・アンド・テクノロジカル・デベロブメント・エリア、ヨンチャン・ノース・ロード、2番

(72)発明者 ジュン・リ

中華人民共和国、シーチュアン、チェンドウ、シンシン・アベニュー・ナンバー3

(72)発明者 ピン・ワン

中華人民共和国、シーチュアン、チェンドウ、チュアンジ・ユナイテッド、ビルディング・3アンド4、シンシン・アベニュー・ナンバー3

審査官 龜澤 智博

(56)参考文献 國際公開第2010/150717 (WO, A1)

特開2007-068711 (JP, A)

特開平10-137234 (JP, A)

特開平07-016220 (JP, A)

特開平03-205034 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 6/03