

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第4929448号
(P4929448)

(45) 発行日 平成24年5月9日 (2012.5.9)

(24) 登録日 平成24年2月24日 (2012.2.24)

(51) Int.Cl.

GO 1 T 1/161 (2006.01)

F I

GO 1 T 1/161 B

GO 1 T 1/161 A

請求項の数 4 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2005-220352 (P2005-220352)	(73) 特許権者	803000056
(22) 出願日	平成17年7月29日 (2005.7.29)		財団法人ヒューマンサイエンス振興財団
(65) 公開番号	特開2007-33370 (P2007-33370A)		東京都千代田区岩本町二丁目11番1号
(43) 公開日	平成19年2月8日 (2007.2.8)	(74) 代理人	100102912
審査請求日	平成20年7月11日 (2008.7.11)		弁理士 野上 敦
		(74) 代理人	100112689
			弁理士 佐原 雅史
		(72) 発明者	飯田秀博
			大阪府吹田市藤白台5丁目7番1号 国立
			循環器病センター研究所内
		審査官	安田 明央
		(56) 参考文献	特開平08-122438 (JP, A)
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 断層撮影装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

単一または複数の放射線検出器を有し第1の軌道に沿って被写体の周囲を移動可能な第1検出部と、

単一または複数の放射線検出器を有し前記第1の軌道よりも前記被写体からの距離が遠い第2の軌道に沿って前記被写体の周囲を移動可能な第2検出部と、

前記第1検出部により得られた撮像データと前記第2検出部により得られた撮像データとを用いて画像を再構成する画像再構成部と、を有し、

前記第1検出部は、単一光子放射コンピュータ断層撮影により断層撮影を行い、

前記第1検出部の放射線検出器は、ピンホールコリメータを備えたことを特徴とする断層撮影装置。

【請求項2】

前記第2検出部は、陽電子放射断層撮影により断層撮影を行うことを特徴とする、請求項1に記載の断層撮影装置。

【請求項3】

前記第1の軌道を含む平面と前記第2の軌道を含む平面は、互いに異なる平面を構成することを特徴とする、

請求項1または2に記載の断層撮影装置。

【請求項4】

前記第1の軌道を含む平面と前記第2の軌道を含む平面は、それぞれ被写体軸に対して

45°および90°の角度をなすことを特徴とする、
請求項3に記載の断層撮影装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、単一光子放射コンピュータ断層撮影装置（SPECT装置）や陽電子放射断層撮影装置（PET装置）などに代表される断層撮影装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、放射性アイソトープで標識された医薬品を被写体に投与し、体内分布をイメージング可能に構成された断層撮影装置の一つとして単一光子放射コンピュータ断層撮影装置（SPECT装置）が広く知られている。SPECT装置では、一枚の位置検出型の放射線検出器の表面にコリメータを装着し、被写体の外部に沿って回転させ、全周にわたって放射線データを収集し、回転に同期した信号を解析することで、被写体内部の放射性薬剤の分布を推定する。特に、コリメータとして、単一のホールを有し、被写体からの放射線がホールを通りコーンビーム状となって放射線検出器に投射されるピンホールコリメータを装着したSPECT装置は、その設計構造が簡単であり、かつ、ホール径を小さくし、被写体に近接して撮像できるので、空間解像度を向上できるという利点があり、特にラットやマウス等の小動物の断層撮像に利用されている。

【0003】

一方、ピンホールコリメータを装着したSPECT装置における完全な画像再構成には、Tuyの条件（非特許文献1参照）が提示されており、従来のピンホールSPECT装置の幾何学設計では、回転面以外の断面でこの前提条件が成り立たないので、ホールを含む回転面上の画像は原理的には正確に再構成できるのに対し、ホールを含まない断層面においては正確な放射能濃度が計測できないという欠点があり、さらにホールを含む回転面上の画像にも不均一分解能による画像のゆがみが生じるという欠点がある。

【0004】

これに対し、特許文献1では、ピンホールコリメータを装着した1台または複数台の位置検出型放射線検出器を常に被写体を視野に含むように配置すると共に、検出器の配列、ピンホール位置のずれ、台座位置の揺動等の工夫により、視野の中心を含む1つの回転面上だけでなく、回転面外にも移動して放射線を検出するようにしたピンホールSPECT装置が開示されている。このSPECT装置によれば、放射線を回転面からずらして検出することによって撮像データがTuyの条件を満足するように構成されているので、撮像データから得られる再構成画像の解像度を向上させることができる。

【0005】

また、非特許文献1には、検出器のピンホールが被写体軸に対して90°および45°の2つの軌道を描くように被写体周りを回転させるようにしたピンホールSPECT装置が開示されている。このSPECT装置によれば、2つのピンホール軌道を用いることによって撮像データがTuyの条件を満たすように構成されており、視野角の全てにおいて完全な3DピンホールSPECTの再構成画像を得ることができる。

【特許文献1】特開2004-233149号公報

【非特許文献1】H. K. Tuy. An inversion formula for cone-beam reconstruction. SIAM J. APPL. MATH. Vol. 43, No. 3, 546-552 (1983)

【非特許文献2】Tsutomu Zeniya, A new reconstruction strategy for image improvement in pinhole SPECT, European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging Vol. 31, No. 8, 1166-1172 (2004)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、このような従来の断層撮影装置では、被写体が小動物のように小さい場合には高解像度の再構成画像を得ることができるものの、被写体が人体のように大きくなるとトランケーション（視野欠陥）が発生するといった問題があった。このようなトランケーションの問題は、検出器の軌道を被写体に対して十分大きくすることによって解消することが可能であるが、検出器と被写体の距離が遠くなるにつれて解像度も低下するため高解像度の再構成画像を得ることが難しくなり、トランケーションの解消と解像度の向上を両立させることは困難であった。

【0007】

本発明は、このような問題点を解決するためになされたものであって、人体等の大きな被写体であっても高解像度でトランケーションの無い再構成画像を得ることができる断層撮影装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記目的は、本発明の断層撮影装置によって達成される。

【0009】

すなわち、本発明は、（１）単一または複数の放射線検出器を有し第１の軌道に沿って被写体の周囲を移動可能な第１検出部と、単一または複数の放射線検出器を有し前記第１の軌道よりも前記被写体からの距離が遠い第２の軌道に沿って前記被写体の周囲を移動可能な第２検出部と、前記第１検出部により得られた撮像データと前記第２検出部により得られた撮像データとを用いて画像を再構成する画像再構成部と、を有し、前記第１検出部は、単一光子放射コンピュータ断層撮影により断層撮影を行い、前記第１検出部の放射線検出器は、ピンホールコリメータを備えたことを特徴とする断層撮影装置である。

【0010】

本発明はまた、（２）前記第２検出部は、陽電子放射断層撮影により断層撮影を行うことを特徴とする、（１）に記載の断層撮影装置である。

【0011】

本発明はまた、（３）前記第１の軌道を含む平面と前記第２の軌道を含む平面は、互いに異なる平面を構成することを特徴とする、（１）または（２）に記載の断層撮影装置である。

【0012】

本発明はまた、（４）前記第１の軌道を含む平面と前記第２の軌道を含む平面は、それぞれ被写体軸に対して４５°および９０°の角度をなすことを特徴とする、（３）に記載の断層撮影装置である。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、人体等の大きな被写体の断層撮影において、被写体に近接した第１検出器によって空間解像度の高い撮像データを得ることができると共に、視野の広い第２検出器によってトランケーションの無い撮像データを得ることができ、高解像度でトランケーションの無い再構成画像を得ることができる。

【0014】

また、前記第１の軌道を含む平面と前記第２の軌道を含む平面が、互いに異なる平面を構成するようにすることにより、撮像データが Tuy の条件を満たすことになるため、視野角の全てにおいて完全な再構成画像を得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

以下、図面を用いて、本発明の実施形態にかかる断層撮影装置について詳細に説明する。

【0016】

図1は本実施形態にかかる断層撮影装置10の略示側面図、図2は断層撮影装置10の略示正面図、図3は断層撮影装置10の特徴的部分のみを示した略示斜視図である。

【0017】

本実施形態にかかる断層撮影装置10は、患者などの被写体12を支持可能な台座14と、揺動装置16に片持ち支持された第1検出部18と、回転装置20に片持ち支持された第2検出部22と、制御装置24と、を有して構成されている。

【0018】

第1検出部18は、互いの視野中心が略一致するように配設された複数（本実施形態では2つ）のSPECT用ガンマカメラ（本発明にかかる「放射線検出器」）18A、18Bを有して構成されている。なお、各々のガンマカメラの視野中心は互いに略一致していることが、画像再構成のプログラミングの煩雑さを回避するためには望ましいが、必ずしも略一致している必要はない。

10

【0019】

各ガンマカメラ18A、18Bは、円錐形状のピンホールコリメータを備えており、ピンホールコリメータの先端部に形成されたピンホールを介して、被写体12に注入された核種（放射性同位元素：RI）から放出される放射線の入射位置を2次元的に検出することが可能である。

【0020】

また、第1検出部18は、アーム状の揺動装置16によって片持ち支持されている。この第1検出部18は、揺動装置16を駆動することにより、被写体12の軸心L1（以下、単に「被写体軸L1」と称す。）を中心とした円状の第1の軌道C1に沿って被写体12の周囲を矢印R1の範囲（図2参照）で揺動（移動）可能に構成されている。この第1検出部18が移動する第1の軌道C1は、図1に示されるように、被写体軸L1に対して角度 θ_1 （本実施形態では 45° ）で傾斜する軌道とされている。

20

【0021】

なお、本実施形態では、第1検出部18を所定の範囲で揺動可能に構成したが、本発明にかかる「第1検出部」はこれに限定されるものではなく、例えば、第1検出部18を第1の軌道C1の全周に亘って移動可能に構成してもよく、また、被写体軸L1に対する第1の軌道C1の傾斜角度 θ_1 は任意に設定することができる。

【0022】

30

一方、第2検出部22は、互いの視野中心が略一致するように配設された複数（本実施形態では2つ）の平板状のSPECT用ガンマカメラ（本発明にかかる「放射線検出器」）22A、22Bによって構成されている。

各ガンマカメラ22A、22Bは、上記ガンマカメラ18A、18Bと同様に、被写体12に注入された核種（放射性同位元素：RI）から放出される放射線の入射位置を2次元的に検出することが可能である。

【0023】

また、第2検出部22は、円板状の回転装置20によって片持ち支持されている。この第2検出部22は、回転装置20を駆動することにより、第1の軌道C1よりも被写体12からの距離が遠い円状の第2の軌道C2に沿って被写体12の全周に亘り矢印R2の方向（図2参照）に移動可能に構成されている。この第2検出部22が移動する第2の軌道C2は、図1に示されるように、被写体軸L1に対して角度 θ_2 （本実施形態では 90° ）で傾斜する軌道とされている。即ち、第2の軌道C2は、第1の軌道C1を含む平面と第2の軌道C2を含む平面が異なる平面となるように傾斜されている。

40

【0024】

なお、本実施形態では、第2検出部22を被写体12の全周に亘り矢印R2の方向に移動可能に構成したが、本発明にかかる「第2検出部」はこれに限定されるものではなく、例えば、第2検出部22を第2の軌道C2に沿う所定の範囲内で移動可能に構成してもよく、また、被写体軸L1に対する第2の軌道C2の傾斜角度 θ_2 を、被写体軸L1に対する第1の軌道C1の傾斜角度 θ_1 と同一の角度に設定してもよい。

50

【0025】

また、本発明にかかる「第2検出器」はSPECT用の検出器に限定されるものではなく、SPECT用ガンマカメラ22A、22Bに代えて、図4に示すように、一式（複数対）のPET用ガンマカメラ22Cを適用してもよい。

【0026】

制御装置24は、揺動装置16による第1検出部18の移動制御や回転装置20による第2検出部22の移動制御を行う制御部や、第1検出部18および第2検出部22によって収集された複数の撮像データに基づいて画像再構成を行う画像再構成部などを有して構成されている。

【0027】

10

次に、本実施形態にかかる断層撮影装置10の作用について詳細に説明する。

【0028】

制御装置24によって揺動装置16が駆動されると、第1検出部18が、第1の軌道C1に沿って被写体12の周囲を矢印R1の範囲で揺動させられると共に、被写体12の周囲の放射線を検出して撮像データを収集する。

また、制御装置24によって回転装置20が駆動されると、第2検出部22が、第2の軌道C2に沿って被写体12の全周に亘り矢印R2の方向に移動させられると共に、被写体12の周囲の放射線を検出して撮像データを収集する。

【0029】

制御装置24は、第1検出部18に収集された空間解像度の高い撮像データと、第2検出部22によって収集された視野の広い撮像データに基づいて、断層像であるCT像を再構成して再構成画像を得る。

20

【0030】

なお、画像再構成の方法としては、フーリエ変換等を用いた直接フーリエ逆変換法やフィルタ補正逆投影法（FBP法）、重畳積分法（CBP法）といった解析的方法や、逐次近似による代数的な方法など、公知の方法を適用することができるが、特に以下に示す逐次近似による方法が好適に用いられる。

【0031】

すなわち、当該画像再構成法は、逐次近似的に画像を更新する方法であり、下記式

【数1】

30

$$P(y; \lambda) = \prod_i \left\{ \frac{(\sum_j a_{ij} \lambda_j)^{y_i}}{y_i!} \exp \left[- \sum_j a_{ij} \lambda_j \right] \right\}$$

で定義される確立密度関数を最大化するべく画像を推定するものである。実際の逐次近似の計算式は次式のとおりである。

40

【数 2】

$$\lambda_j^{(k+1)} = \frac{\lambda_j^{(k)}}{\sum_j a_{ij}} \sum_i \frac{a_{ij} y_i}{\sum_n a_{in} \lambda_n^{(k)}}$$

10

【0032】

ここで、 λ は再構成画像であり、 λ_j は画像における j 番目のピクセル（位置）のカウント値であり、 k および $k+1$ は、それぞれ k 番目、 $k+1$ 番目に計算された画像であることを表す。また、 y は測定データ、すなわちプロジェクションデータであり、 y_i は i 番目のピクセルにおけるデータのカウンタ値である。 a_{ij} は係数であり、 i 番目のプロジェクションデータにおける j 番目のピクセル値がどの程度寄与するかについて幾何学的に決定される数値である。上記式において、第 1 検出部 18 によって収集された空間解像度の高い撮像データと、第 2 検出部 22 によって収集された視野の広い撮像データの 2 つの異なる解像度のプロジェクションデータ y を利用することにより、逐次近似的に画像を

20

【0033】

このような画像再構成処理を行うことで、第 1 検出部 18 が死角となり第 2 検出部 22 によって撮像データが収集できないような場合（第 2 検出部 22 の内側空間に第 1 検出部 18 が位置する場合）であっても、第 1 検出部 18 で収集された撮像データによって収集できなかった撮像データを補間することができる。

【0034】

以上説明したように、本実施形態にかかる断層撮影装置 10 によれば、各々が有するペンホールコリメータの視野中心が略一致するように配設された複数の放射線検出器（本実施形態ではガンマカメラ 18 A、18 B）によって構成され、第 1 の軌道 C 1 に沿って被

30

写体 12 の周囲を移動可能な第 1 検出部 18 と、各々の視野中心が略一致するように配設された複数の放射線検出器（本実施形態ではガンマカメラ 22 A、22 B）によって構成され、第 1 の軌道 C 1 よりも被写体 12 からの距離が遠い第 2 の軌道 C 2 に沿って被写体 12 の周囲を移動可能な第 2 検出部 22 と、を有して構成されているため、被写体 12 に近接した第 1 検出器 18 によって空間解像度の高い撮像データを得ることができると共に、視野の広い第 2 検出器 22 によってトランケーションの無い撮像データを得ることができ、高解像度でトランケーションの無い再構成画像を得ることができる。

【0035】

特に、第 1 の軌道 C 1 を含む平面と第 2 の軌道 C 2 を含む平面は、互いに異なる平面であるため、撮像データが $Tu y$ の条件を満たすこととなり、視野角の全てにおいて完全な

40

【0036】

尚、本発明の断層撮影装置は、上記した実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々変更を加え得ることは勿論である。

【産業上の利用可能性】

【0037】

本発明にかかる断層撮影装置は、大きな被写体であっても高解像度でトランケーションの無い再構成画像を得ることができるという優れた効果を有するので、人体等の大きな被写体の断層撮影に特に好適である。

【図面の簡単な説明】

50

【0038】

【図1】本発明の実施形態にかかる断層撮影装置の略示側面図である。

【図2】前記断層撮影装置の略示正面図である。

【図3】前記断層撮影装置の特徴的部分のみを示した略示斜視図である。

【図4】本発明の他の実施形態にかかる断層撮影装置の特徴的部分のみを示した略示斜視図である。

【符号の説明】

【0039】

10・・・断層撮影装置

12・・・被写体

14・・・台座

16・・・揺動装置

18・・・第1検出部

18A、18B、22A、22B・・・SPECT用ガンマカメラ

20・・・回転装置

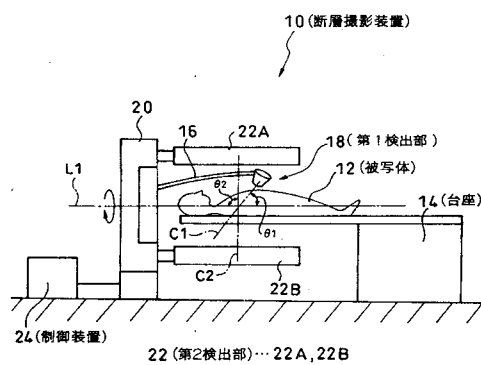
22・・・第2検出部

22C・・・PET用ガンマカメラ

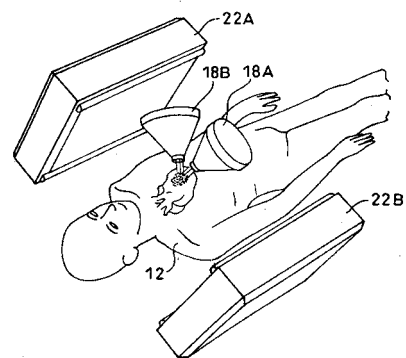
24・・・制御装置

10

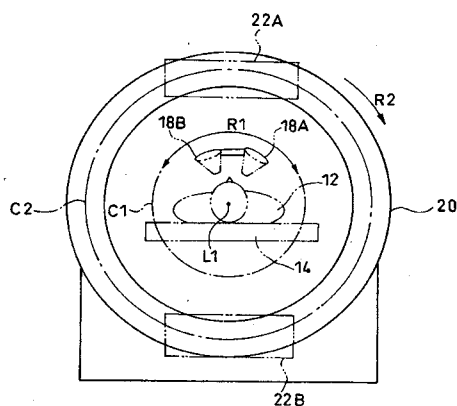
【図1】



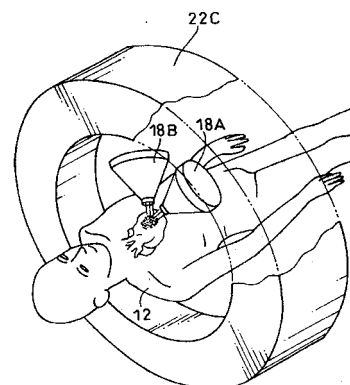
【図3】



【図2】



【図4】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 1 T 1 / 1 6 1