

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第4130055号
(P4130055)

(45) 発行日 平成20年8月6日 (2008.8.6)

(24) 登録日 平成20年5月30日 (2008.5.30)

(51) Int.Cl.

A 6 1 B 6/03 (2006.01)

F I

A 6 1 B 6/03 3 5 O F

A 6 1 B 6/03 3 5 O H

請求項の数 21 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2000-262057 (P2000-262057)	(73) 特許権者	300019238
(22) 出願日	平成12年8月31日 (2000.8.31)		ジーイー・メディカル・システムズ・グロ
(65) 公開番号	特開2002-85397 (P2002-85397A)		ーバル・テクノロジー・カンパニー・エル
(43) 公開日	平成14年3月26日 (2002.3.26)		エルシー
審査請求日	平成16年8月11日 (2004.8.11)		アメリカ合衆国・ウィスコンシン州・53
			188・ワウケシャ・ノース・グランドヴ
			ュー・ブルバード・ダブリュー・710
			・3000
		(74) 代理人	100095511
			弁理士 有近 紳志郎
		(72) 発明者	貫井 正健
			東京都日野市旭ヶ丘4丁目7番地の127
			ジーイー横河メディカルシステム株式会
			社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 加算断層画像作成方法およびX線CT装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

スライス厚の異なる複数の断層画像 G_j をそれぞれ再構成しうる各データ I_j ($j = 1 \sim J$) に対してオフセット補正および入射X線量 $T_j \cdot I_0$ (但し、 T_j はデータ j のスライス厚、 I_0 は単位厚さあたりの入射X線量である。) で割る感度補正を施してからスライス厚 T_j に応じた重み $T_j / \sum T_j$ を付けて荷重加算してスライス厚が $\sum T_j$ の1つのスライス厚の感度補正したデータと等価な加算データを作成し、その加算データにログ化処理を施してから再構成して加算断層画像 G を作成することを特徴とする加算断層画像作成方法。

【請求項2】

請求項1に記載の加算断層画像作成方法において、断層画像 G_j がX線CT画像であり、データ I_j がローデータであることを特徴とする加算断層画像作成方法。

【請求項3】

請求項2に記載の加算断層画像作成方法において、ローデータがマルチX線検出器の各検出器列で得たローデータであることを特徴とする加算断層画像作成方法。

【請求項4】

請求項2または請求項3に記載の加算断層画像作成方法において、感度補正前または感度補正後の各ローデータまたはログ化処理前の加算データに対して、レファレンス補正を施すことを特徴とする加算断層画像作成方法。

【請求項5】

請求項 2 から請求項 4 のいずれかに記載の加算断層画像作成方法において、ログ化処理後の加算データに対して、ビームハードニング補正、水補正、体動補正およびヘリカル補正のうちの少なくとも 1 つを施すことを特徴とする加算断層画像作成方法。

【請求項 6】

請求項 2 から請求項 5 のいずれかに記載の加算断層画像作成方法において、ログ化処理前のローデータのあるチャンネルの値が閾値以下の場合、該値を隣のチャンネルの値で置換、隣のチャンネルの平均値で置換、又は任意に選んだ 2 以上のチャンネルの平均値で置換することを特徴とする加算断層画像作成方法。

【請求項 7】

請求項 1 から請求項 6 のいずれかに記載の加算断層画像作成方法において、フィルタ処理および逆投影演算により再構成を行うことを特徴とする加算断層画像作成方法。

10

【請求項 8】

スライス厚の異なる複数の断層画像 G_j をそれぞれ再構成しうる各データ I_j ($j = 1 \sim J$) に対してオフセット補正を施してから単純加算して加算データ I を作成し、その加算データ I に入射 X 線量 $\Sigma(T_j \cdot I_o)$ (但し、 T_j はデータ j のスライス厚、 I_o は単位厚さあたりの入射 X 線量である。) で割る感度補正によるスライス厚が ΣT_j の 1 つのスライス厚の感度補正したデータと等価な加算データの作成およびログ化処理を施してから再構成して加算断層画像 G を作成することを特徴とする加算断層画像作成方法。

【請求項 9】

スライス厚の異なる複数の断層画像 G_j をそれぞれ再構成しうる各データ I_j ($j = 1 \sim J$) を単純加算して加算データ I を作成し、その加算データ I にオフセット補正、入射 X 線量 $\Sigma(T_j \cdot I_o)$ (但し、 T_j はデータ j のスライス厚、 I_o は単位厚さあたりの入射 X 線量である。) で割る感度補正によるスライス厚が ΣT_j の 1 つのスライス厚の感度補正したデータと等価な加算データの作成およびログ化処理を施してから再構成して加算断層画像 G を作成することを特徴とする加算断層画像作成方法。

20

【請求項 10】

請求項 8 または請求項 9 に記載の加算断層画像作成方法において、データ I_j がマルチ X 線検出器の各検出器列で得たローデータであることを特徴とする加算断層画像作成方法。

【請求項 11】

30

請求項 8 から請求項 10 のいずれかに記載の加算断層画像作成方法において、感度補正前または感度補正後ログ化処理前の加算データ I に対して、レファレンス補正を施すことを特徴とする加算断層画像作成方法。

【請求項 12】

請求項 8 から請求項 11 のいずれかに記載の加算断層画像作成方法において、ログ化処理後の加算データに対して、ビームハードニング補正、水補正、体動補正およびヘリカル補正のうちの少なくとも 1 つを施すことを特徴とする加算断層画像作成方法。

【請求項 13】

請求項 8 から請求項 12 のいずれかに記載の加算断層画像作成方法において、ログ化処理前の加算データのあるチャンネルの値が閾値以下の場合、該値を__隣のチャンネルの値で置換、隣のチャンネルの平均値で置換、又は任意に選んだ 2 以上のチャンネルの平均値で置換することを特徴とする加算断層画像作成方法。

40

【請求項 14】

請求項 8 から請求項 13 のいずれかに記載の加算断層画像作成方法において、フィルタ処理および逆投影演算により再構成を行うことを特徴とする加算断層画像作成方法。

【請求項 15】

スライス厚の異なる複数の検出器列を持つマルチ X 線検出器を備えた X 線 CT 装置であって、各検出器列で得たローデータ I_j に対してオフセット補正および感度補正を施す入射 X 線量 $T_j \cdot I_o$ (但し、 T_j はデータ j のスライス厚、 I_o は単位厚さあたりの入射 X 線量である。) で割る感度補正手段と、感度補正後のローデータに対してスライス厚 T

50

j に応じた重み $T_j / \Sigma T_j$ を付けて荷重加算してスライス厚が ΣT_j の 1 つのスライス厚の感度補正したデータと等価な加算データ I を作成する加算データ作成手段と、加算データ I にログ化処理を施すログ化処理手段と、ログ化処理後の加算データに対してフィルタ処理および逆投影演算を施す再構成手段とを具備したことを特徴とする X 線 CT 装置。

【請求項 1 6】

請求項 1 5 に記載の X 線 CT 装置において、感度補正前または感度補正後の各ローデータまたはログ化処理前の加算データ I に対して、レファレンス補正を施す第 1 の補正手段を具備したことを特徴とする X 線 CT 装置。

【請求項 1 7】

請求項 1 5 または請求項 1 6 に記載の X 線 CT 装置において、ログ化処理後の加算データに対して、ビームハードニング補正、水補正、体動補正およびヘリカル補正のうちの少なくとも 1 つを施す第 2 の補正手段を具備したことを特徴とする X 線 CT 装置。

10

【請求項 1 8】

スライス厚の異なる複数の検出器列を持つマルチ X 線検出器を備えた X 線 CT 装置であって、各検出器列で得たローデータ I_j に対してオフセット補正を施すオフセット補正手段と、オフセット処理後のローデータを単純加算して加算データ I を作成する加算データ作成手段と、加算データ I に対して入射 X 線量 $\Sigma (T_j \cdot I_0)$ (但し、 T_j はデータ j のスライス厚、 I_0 は単位厚さあたりの入射 X 線量である。) で割る感度補正を施すことによりスライス厚が ΣT_j の 1 つのスライス厚の感度補正したデータと等価な加算データを作成する感度補正手段と、感度補正した加算データに対してログ化処理を施すログ化処理手段と、ログ化処理を施した加算データに対してフィルタ処理および逆投影演算を施す再構成手段とを具備したことを特徴とする X 線 CT 装置。

20

【請求項 1 9】

スライス厚の異なる複数の検出器列を持つマルチ X 線検出器を備えた X 線 CT 装置であって、各検出器列で得たローデータ I_j を単純加算して加算データ I を作成する加算データ作成手段と、加算データ I に対してオフセット補正を施すオフセット補正手段と、オフセット処理後の加算データに対して入射 X 線量 $\Sigma (T_j \cdot I_0)$ (但し、 T_j はデータ j のスライス厚、 I_0 は単位厚さあたりの入射 X 線量である。) で割る感度補正を施すことによりスライス厚が ΣT_j の 1 つのスライス厚の感度補正したデータと等価な加算データを作成する感度補正手段と、感度補正した加算データに対してログ化処理を施すログ化処理手段と、ログ化処理を施した加算データに対してフィルタ処理および逆投影演算を施す再構成手段とを具備したことを特徴とする X 線 CT 装置。

30

【請求項 2 0】

請求項 1 8 または請求項 1 9 に記載の X 線 CT 装置において、感度補正前または感度補正後ログ化処理前の加算データに対して、レファレンス補正を施す第 1 の補正手段を具備したことを特徴とする X 線 CT 装置。

【請求項 2 1】

請求項 1 8 から請求項 2 0 のいずれかに記載の X 線 CT 装置において、ログ化処理後の加算データに対して、ビームハードニング補正、水補正、体動補正およびヘリカル補正のうちの少なくとも 1 つを施す第 2 の補正手段を具備したことを特徴とする X 線 CT 装置。

40

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、加算断層画像作成方法および X 線 CT 装置に関し、さらに詳しくは、複数の断層画像を加算した如き加算断層画像を作成する場合に、各断層画像のスライス厚が異なっているにもかかわらず、パーシャルボリュームの悪影響のない加算断層画像を作成しうる加算断層画像作成方法および X 線 CT 装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

- 第 1 の従来例 -

50

図 6 は、複数の検出器列を持つマルチ X 線検出器を備えた従来の X 線 CT 装置における加算断層画像作成処理の第 1 の従来例を示すフロー図である。

ステップ S T 6 1 では、画像番号カウンタ j を “ 1 ” に初期化する。

【 0 0 0 3 】

ステップ S T 6 2 では、マルチ X 線検出器の第 j 検出器列のローデータ I_j を読み込む。

【 0 0 0 4 】

ステップ S T 6 3 では、オフセット補正を行う。すなわち、第 j 検出器列のローデータ I_j からオフセット量を差し引く。なお、表記を簡単にするために、オフセット量を差し引いたローデータも I_j で表すものとする。

【 0 0 0 5 】

ステップ S T 6 4 では、検出器感度補正を行う。すなわち、第 j 検出器列のローデータ I_j を入射 X 線量 $T_j \cdot I_o$ で割る。ここで、 T_j は第 j 検出器列のスライス厚であり、 I_o は単位厚さ当たりの入射 X 線量である。

【 0 0 0 6 】

ステップ S T 6 5 では、検出器感度補正後のローデータ $I_j / (T_j \cdot I_o)$ に対して第 1 の補正を施す。この第 1 の補正は、レファレンス補正である。なお、表記を簡単にするために、第 1 の補正後のローデータも $I_j / (T_j \cdot I_o)$ で表すものとする。

【 0 0 0 7 】

ステップ S T 6 6 では、第 1 の補正後のローデータ $I_j / (T_j \cdot I_o)$ のあるチャンネルの値が閾値以下の場合には、該値を隣接する 1 以上のチャンネルの平均値で置換する。以下、この処理を、Logフィルタリング処理と言う。

【 0 0 0 8 】

ステップ S T 6 7 では、ログ化処理を行う。すなわち、 $-\text{Log}\{I_j / (T_j \cdot I_o)\}$ を求める。

【 0 0 0 9 】

ステップ S T 6 8 では、ログ化処理後のローデータに対して第 2 の補正を施す。この第 2 の補正は、ビームハードニング補正 (beam hardening correction)、水補正、体動補正およびヘリカル補正のうちの少なくとも 1 つである。

【 0 0 1 0 】

ステップ S T 6 9 では、第 2 の補正を施したローデータに対してフィルタ処理および逆投影演算を施し、CT 画像 G_j を得る。

【 0 0 1 1 】

ステップ S T 7 0 , S T 7 1 では、 $j = 2 \sim J$ について上記ステップ S T 6 2 ~ S T 6 9 を繰り返す。これにより、CT 画像 $G_1 \sim G_J$ を再構成する。

【 0 0 1 2 】

ステップ S T 7 2 では、CT 画像 $G_1 \sim G_J$ を単純加算し、加算 CT 画像 G を得る。

【 0 0 1 3 】

- 第 2 の従来例 -

図 7 は、複数の検出器列を持つマルチ X 線検出器を備えた従来の X 線 CT 装置における加算断層画像作成処理の第 2 の従来例を示すフロー図である。

ステップ S T 8 1 では、画像番号カウンタ j を “ 1 ” に初期化する。

【 0 0 1 4 】

ステップ S T 8 2 では、マルチ X 線検出器の第 j 検出器列のローデータ I_j を読み込む。

【 0 0 1 5 】

ステップ S T 8 3 では、オフセット補正を行う。すなわち、第 j 検出器列のローデータ I_j からオフセット量を差し引く。なお、表記を簡単にするために、オフセット量を差し引いたローデータも I_j で表すものとする。

【 0 0 1 6 】

ステップ S T 8 4 では、検出器感度補正を行う。すなわち、第 j 検出器列のローデータ I_j を入射 X 線量 $T_j \cdot I_o$ で割る。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 7 】

ステップ S T 8 5 では、検出器感度補正後のローデータ $I_j / (T_j \cdot I_o)$ に対して第 1 の補正を施す。この第 1 の補正は、レファレンス補正である。なお、表記を簡単にするために、第 1 の補正後のローデータも $I_j / (T_j \cdot I_o)$ で表すものとする。

【 0 0 1 8 】

ステップ S T 8 6 では、Log フィルタリング処理を行う。

【 0 0 1 9 】

ステップ S T 8 7 では、ログ化処理を行う。すなわち、 $-\text{Log}\{I_j / (T_j \cdot I_o)\}$ を求める。

【 0 0 2 0 】

ステップ S T 8 8 では、ログ化処理後のローデータに対して第 2 の補正を施す。この第 2 の補正は、ビームハードニング補正、水補正、体動補正およびヘリカル補正のうちの少なくとも 1 つである。

【 0 0 2 1 】

ステップ S T 8 9 , S T 9 0 では、 $j = 2 \sim J$ について上記ステップ S T 8 2 ~ S T 8 8 を繰り返す。これにより、第 2 の補正後のローデータ $I'1 \sim I'J$ が得られる。

【 0 0 2 2 】

ステップ S T 9 1 では、第 2 の補正後のローデータ $I'1 \sim I'J$ を単純加算し、加算データ I を得る。すなわち、

$$I = \sum I'j$$

【 0 0 2 3 】

ステップ S T 9 2 では、加算データ I に対してフィルタ処理および逆投影演算を施し、加算 C T 画像 G を得る。

【 0 0 2 4 】

【 発明が解決しようとする課題 】

上記第 1 の従来例および第 2 の従来例では、各検出器列のスライス厚が等しい場合は、加算 C T 画像 G を得るのに、特に問題がない。

しかし、各スライス厚が異なる場合には、パーシャルボリューム (partial volume) の悪影響が加算 C T 画像 G 上に現れる問題点がある。すなわち、スライス厚が異なると、パーシャルボリューム効果が異なってくるため、同一物質であっても C T 値が異なってくる。つまり、同一物質の C T 値に不連続を生じる。このため、加算 C T 画像 G 上で C T 値が一様に見えるべき対象物の C T 値が部分的に変化しているように見える問題点がある。

そこで、本発明の目的は、複数の断層画像を加算した如き加算断層画像を作成する場合に、各断層画像のスライス厚が異なっているにもかかわらず、パーシャルボリュームの悪影響のない加算断層画像を作成しうる加算断層画像作成方法および X 線 C T 装置を提供することにある。

【 0 0 2 5 】

【 課題を解決するための手段 】

第 1 の観点では、本発明は、複数の断層画像 G_j をそれぞれ再構成しうる各データ I_j ($j = 1 \sim J$) に対してオフセット補正および感度補正を施してからスライス厚 T_j に応じた重み $T_j / \sum T_j$ を付けて荷重加算して加算データを作成し、その加算データにログ化処理を施してから再構成して加算断層画像 G を作成することを特徴とする加算断層画像作成方法を提供する。

上記第 1 の観点による加算断層画像作成方法では、感度補正を施したデータ K_j に対してスライス厚 T_j に応じた重み $T_j / \sum T_j$ を付けて荷重加算して加算データを作成する。すなわち、加算データを K とするとき、

$$K = \sum \{ (T_j / \sum T_j) \cdot K_j \}$$

とするが、後述するように、これはスライス厚が $\sum T_j$ の 1 つのスライスの感度補正したデータと等価である。よって、スライス厚の異なる複数の断層画像 G_j を加算した如き加算断層画像 G 上にパーシャルボリュームの悪影響が現れることが無くなる。

【 0 0 2 6 】

第2の観点では、本発明は、上記構成の加算断層画像作成方法において、断層画像 G_j が X線CT画像であり、データ I_j がローデータであることを特徴とする加算断層画像作成方法を提供する。

上記第2の観点による加算断層画像作成方法では、感度補正を施したローデータ K_j に対してスライス厚 T_j に応じた重み $T_j / \sum T_j$ を付けて荷重加算して加算データ K を作成する。すなわち、

$$K = \sum \{ (T_j / \sum T_j) \cdot K_j \}$$

とするが、後述するように、これはスライス厚が $\sum T_j$ の1つのスライスの感度補正したローデータと等価である。よって、スライス厚の異なる複数のX線CT画像 G_j を加算した如き加算断層画像 G 上にパーシャルボリュームの悪影響が現れることが無くなる。

10

【0027】

第3の観点では、本発明は、上記構成の加算断層画像作成方法において、ローデータがマルチX線検出器の各検出器列で得たローデータであることを特徴とする加算断層画像作成方法を提供する。

上記第3の観点による加算断層画像作成方法では、マルチX線検出器の各検出器列で得たローデータから、それら検出器列を合わせた1つの検出器列で得たローデータから再構成した如き断層画像を作成できる。

【0028】

第4の観点では、本発明は、上記構成の加算断層画像作成方法において、感度補正前または感度補正後の各ローデータまたはログ化处理前の加算データに対して、レファレンス補正を施すことを特徴とする加算断層画像作成方法を提供する。

20

上記第4の観点による加算断層画像作成方法では、感度補正前または感度補正後の各ローデータに対する場合は、通常と同様にレファレンス補正を施すことが出来る。また、ログ化处理前の加算データに対する場合は、レファレンス補正を施す回数が1回で済む。

【0029】

第5の観点では、本発明は、上記構成の加算断層画像作成方法において、ログ化处理後の加算データに対して、ビームハードニング補正、水補正、体動補正およびヘリカル補正のうちの少なくとも1つを施すことを特徴とする加算断層画像作成方法を提供する。

上記第5の観点による加算断層画像作成方法では、加算データに対して各種補正を施すため、補正の回数が1回で済む。

30

【0030】

第6の観点では、本発明は、上記構成の加算断層画像作成方法において、ログ化处理前のローデータのあるチャンネルの値が閾値以下の場合は、該値を隣接する1以上のチャンネルの平均値で置換することを特徴とする加算断層画像作成方法を提供する。

上記第6の観点による加算断層画像作成方法では、ローデータに不自然な値が含まれる場合に、それをログ化处理前に除去することが出来る。

【0031】

第7の観点では、本発明は、上記構成の加算断層画像作成方法において、フィルタ処理および逆投影演算により再構成を行うことを特徴とする加算断層画像作成方法を提供する。

上記第7の観点による加算断層画像作成方法では、フィルター補正逆投影 (filtered back projection) 法により断層画像を再構成することが出来る。

40

【0032】

第8の観点では、本発明は、複数の断層画像 G_j をそれぞれ再構成しうる各データ I_j ($j = 1 \sim J$) に対してオフセット補正を施してから単純加算して加算データ I を作成し、その加算データ I に感度補正およびログ化处理を施してから再構成して加算断層画像 G を作成することを特徴とする加算断層画像作成方法を提供する。

上記第8の観点による加算断層画像作成方法では、オフセット補正のみを施し感度補正を施す前のデータ I_j を単純加算して加算データ I を作成する。すなわち、

$$I = \sum I_j$$

とするが、これはスライス厚が $\sum T_j$ の1つのスライスのデータと等価である。よって、

50

スライス厚の異なる複数の断層画像 G_j を加算した如き加算断層画像 G 上にパーシャルボリュームの悪影響が現れることが無くなる。

なお、各データ I_j ($j = 1 \sim J$) に対してオフセット補正を施すため、通常と同様の処理で済む。

【 0 0 3 3 】

第 9 の観点では、本発明は、複数の断層画像 G_j をそれぞれ再構成しうる各データ I_j ($j = 1 \sim J$) を単純加算して加算データ I を作成し、その加算データ I にオフセット補正、感度補正およびログ化処理を施してから再構成して加算断層画像 G を作成することを特徴とする加算断層画像作成方法を提供する。

上記第 9 の観点による加算断層画像作成方法では、オフセット補正および感度補正を施す前のデータ I_j を単純加算して加算データ I を作成する。すなわち、

$$I = \sum I_j$$

とするが、これはスライス厚が $\sum T_j$ の 1 つのスライスのデータと等価である。よって、スライス厚の異なる複数の断層画像 G_j を加算した如き加算断層画像 G 上にパーシャルボリュームの悪影響が現れることが無くなる。

なお、加算データ I に対してオフセット補正を施すため、各データ I_j に対するオフセット値も加算しておく必要があるが、オフセット補正の回数が 1 回で済む。

【 0 0 3 4 】

第 10 の観点では、本発明は、上記構成の加算断層画像作成方法において、データ I_j がマルチ X 線検出器の各検出器列で得たローデータであることを特徴とする加算断層画像作成方法を提供する。

上記第 10 の観点による加算断層画像作成方法では、マルチ X 線検出器の各検出器列で得たローデータから、それら検出器列を合わせた 1 つの検出器列で得たローデータから再構成した如き断層画像を作成できる。

【 0 0 3 5 】

第 11 の観点では、本発明は、上記構成の加算断層画像作成方法において、感度補正前または感度補正後ログ化処理前の加算データ I に対して、レファレンス補正を施すことを特徴とする加算断層画像作成方法を提供する。

上記第 11 の観点による加算断層画像作成方法では、感度補正前または感度補正後の各ローデータに対する場合は、通常と同様にレファレンス補正を施すことが出来る。また、ログ化処理前の加算データ I に対する場合は、レファレンス補正を施す回数が 1 回で済む。

【 0 0 3 6 】

第 12 の観点では、本発明は、上記構成の加算断層画像作成方法において、ログ化処理後の加算データ I に対して、ビームハードニング補正、水補正、体動補正およびヘリカル補正のうちの少なくとも 1 つを施すことを特徴とする加算断層画像作成方法を提供する。

上記第 12 の観点による加算断層画像作成方法では、加算データ I に対して各種補正を施すため、補正の回数が 1 回で済む。

【 0 0 3 7 】

第 13 の観点では、本発明は、上記構成の加算断層画像作成方法において、ログ化処理前の加算データ I のあるチャンネルの値が閾値以下の場合は、該値を隣接する 1 以上のチャンネルの平均値で置換することを特徴とする加算断層画像作成方法を提供する。

上記第 13 の観点による加算断層画像作成方法では、ローデータに不自然な値が含まれる場合に、それをログ化処理前に除去することが出来る。

【 0 0 3 8 】

第 14 の観点では、本発明は、上記構成の加算断層画像作成方法において、フィルタ処理および逆投影演算により再構成を行うことを特徴とする加算断層画像作成方法を提供する。

上記第 14 の観点による加算断層画像作成方法では、フィルター補正逆投影法により断層画像を再構成することが出来る。

【 0 0 3 9 】

10

20

30

40

50

第 15 の観点では、本発明は、複数の検出器列を持つマルチ X 線検出器を備えた X 線 CT 装置であって、各検出器列で得たローデータ I_j に対してオフセット補正および感度補正を施す感度補正手段と、感度補正後のローデータに対してスライス厚 T_j に応じた重み $T_j / \sum T_j$ を付けて荷重加算して加算データ I を作成する加算データ作成手段と、加算データ I にログ化処理を施すログ化処理手段と、ログ化処理後の加算データに対してフィルタ処理および逆投影演算を施す再構成手段とを具備したことを特徴とする X 線 CT 装置を提供する。

上記第 15 の観点による X 線 CT 装置では、前記第 2 の観点による加算断層画像作成方法を好適に実施できる。

【 0 0 4 0 】

10

第 16 の観点では、本発明は、上記構成の X 線 CT 装置において、感度補正前または感度補正後の各ローデータまたはログ化処理前の加算データ I に対して、レファレンス補正を施す第 1 の補正手段を具備したことを特徴とする X 線 CT 装置を提供する。

上記第 16 の観点による X 線 CT 装置では、前記第 4 の観点による加算断層画像作成方法を好適に実施できる。

【 0 0 4 1 】

第 17 の観点では、本発明は、上記構成の X 線 CT 装置において、ログ化処理後の加算データに対して、ビームハードニング補正、水補正、体動補正およびヘリカル補正のうちの少なくとも 1 つを施す第 2 の補正手段を具備したことを特徴とする X 線 CT 装置を提供する。

20

上記第 17 の観点による X 線 CT 装置では、前記第 5 の観点による加算断層画像作成方法を好適に実施できる。

【 0 0 4 2 】

第 18 の観点では、本発明は、複数の検出器列を持つマルチ X 線検出器を備えた X 線 CT 装置であって、各検出器列で得たローデータ I_j に対してオフセット補正を施すオフセット補正手段と、オフセット処理後のローデータを単純加算して加算データ I を作成する加算データ作成手段と、加算データ I に対して感度補正を施す感度補正手段と、感度補正した加算データに対してログ化処理を施すログ化処理手段と、ログ化処理を施した加算データに対してフィルタ処理および逆投影演算を施す再構成手段とを具備したことを特徴とする X 線 CT 装置を提供する。

30

上記第 18 の観点による X 線 CT 装置では、前記第 8 の観点による加算断層画像作成方法を好適に実施できる。

【 0 0 4 3 】

第 19 の観点では、本発明は、複数の検出器列を持つマルチ X 線検出器を備えた X 線 CT 装置であって、各検出器列で得たローデータ I_j を単純加算して加算データ I を作成する加算データ作成手段と、加算データ I に対してオフセット補正を施すオフセット補正手段と、オフセット処理後の加算データに対して感度補正を施す感度補正手段と、感度補正した加算データに対してログ化処理を施すログ化処理手段と、ログ化処理を施した加算データに対してフィルタ処理および逆投影演算を施す再構成手段とを具備したことを特徴とする X 線 CT 装置を提供する。

40

上記第 19 の観点による X 線 CT 装置では、前記第 9 の観点による加算断層画像作成方法を好適に実施できる。

【 0 0 4 4 】

第 20 の観点では、本発明は、上記構成の X 線 CT 装置において、感度補正前または感度補正後ログ化処理前の加算データに対して、レファレンス補正を施す第 1 の補正手段を具備したことを特徴とする X 線 CT 装置を提供する。

上記第 20 の観点による X 線 CT 装置では、前記第 11 の観点による加算断層画像作成方法を好適に実施できる。

【 0 0 4 5 】

第 21 の観点では、本発明は、上記構成の X 線 CT 装置において、ログ化処理後の加算デ

50

ータに対して、ビームハードニング補正、水補正、体動補正およびヘリカル補正のうちの少なくとも１つを施す第２の補正手段を具備したことを特徴とするＸ線ＣＴ装置を提供する。

上記第２１の観点によるＸ線ＣＴ装置では、前記第１２の観点による加算断層画像作成方法を好適に実施できる。

【００４６】

【発明の実施の形態】

以下、図に示す発明の実施の形態により本発明をさらに詳しく説明する。なお、これにより本発明が限定されるものではない。

【００４７】

- 第１の実施形態 -

図１は、本発明の第１の実施形態にかかるＸ線ＣＴ装置１００のブロック図である。

このＸ線ＣＴ装置１００は、操作コンソール１と、撮影テーブル１０と、走査ガントリ２０とを具備している。

【００４８】

前記コンソール１は、操作者の指示入力や情報入力などの受け付ける入力装置２と、スキャン処理や画像再構成処理や加算断層画像作成処理などを実行する中央処理装置３と、制御信号などを前記撮影テーブル１０や前記走査ガントリ２０とやり取りする制御インターフェース４と、走査ガントリ２０で取得したデータを収集するデータ収集バッファ５と、前記データから再構成したＸ線画像を表示するＣＲＴ６と、プログラムやデータやＸ線画像を記憶する記憶装置７とを具備している。

【００４９】

前記走査ガントリ２０は、Ｘ線管２１と、Ｘ線コントローラ２２と、コリメータ２３と、コリメータコントローラ２４と、アイソセンタ（図２のＩＣ）の周りにＸ線管２１などを回転させる回転コントローラ２６と、２列の検出器列を有するツインＸ線検出器２７とを具備している。

【００５０】

図２は、Ｘ線管２１、コリメータ２３およびツインＸ線検出器２７を示す模式図である。Ｘ線管２１から出射されたＸ線Ｉｏは、コリメータ２３のアパーチャＳを通ることで偏平なＸ線ビームＸｒとなり、ツインＸ線検出器２７の第１検出器列Ｄ１および第２検出器列Ｄ２に入射する。

前記コリメータ２３のアパーチャＳの開口幅や位置は、前記中央処理装置３の指令に基づいて前記コリメータコントローラ２４が調整する。

境界仮想線Ｐｏは、Ｘ線ビームＸｒのうちで第１検出器列Ｄ１に入射する分と第２検出器列Ｄ２に入射する分の境界を示す仮想の線である。

アイソセンタＩＣにおけるＸ線ビームＸｒの幅をＸ線ビーム幅Ｘｏという。また、Ｘ線ビーム幅Ｘｏのうちで第１検出器列Ｄ１に入射する分の幅が第１スライス厚Ｔ１であり、第２検出器列Ｄ２に入射する分の幅が第２スライス厚Ｔ２である。

【００５１】

図３は、上記Ｘ線ＣＴ装置１００における加算断層画像作成処理を示すフロー図である。ステップＳＴ１では、画像番号カウンタｊを“１”に初期化する。

【００５２】

ステップＳＴ２では、マルチＸ線検出器の第ｊ検出器列ＤｊのローデータＩｊを読み込む。

【００５３】

ステップＳＴ３では、オフセット補正を行う。すなわち、第ｊ検出器列ＤｊのローデータＩｊからオフセット量を差し引く。なお、表記を簡単にするために、オフセット量を差し引いたローデータもＩｊで表すものとする。

【００５４】

ステップＳＴ４では、検出器感度補正を行う。すなわち、第ｊ検出器列Ｄｊのローデータ

10

20

30

40

50

I_j を入射 X 線量 $T_j \cdot I_o$ で割る。ここで、 T_j は第 j 検出器列 D_j のスライス厚であり、 I_o は単位厚さ当たりの入射 X 線量である。

【 0 0 5 5 】

ステップ S T 5 では、検出器感度補正後のローデータ $I_j / (T_j \cdot I_o)$ に対して第 1 の補正を施す。この第 1 の補正は、レファレンス補正である。なお、表記を簡単にするために、第 1 の補正後のローデータも $I_j / (T_j \cdot I_o)$ で表すものとする。

【 0 0 5 6 】

ステップ S T 6 では、Log フィルタリング処理を行う。すなわち、第 1 の補正後のローデータ $I_j / (T_j \cdot I_o)$ のあるチャンネルの値が閾値以下の場合は、該値を隣接する 1 以上のチャンネルの平均値で置換する。具体的には、隣のチャンネルの値で置換したり、両隣のチャンネルの平均値で置換したり、当該チャンネル以外のチャンネルの平均値で置換したり、任意に選んだ 2 以上のチャンネルの平均値で置換する。

10

【 0 0 5 7 】

ステップ S T 7 , S T 8 では、 $j = 2 \sim J$ について上記ステップ S T 2 ~ S T 6 を繰り返す。これにより、第 1 の補正後のローデータ $I_1 / (T_1 \cdot I_o) \sim I_J / (T_J \cdot I_o)$ が得られる。

ここでは、 $J = 2$ であり、ローデータ $I_1 / (T_1 \cdot I_o)$, $I_2 / (T_2 \cdot I_o)$ が得られる。

【 0 0 5 8 】

ステップ S T 9 では、ローデータ $I_1 / (T_1 \cdot I_o) \sim I_J / (T_J \cdot I_o)$ に対してスライス厚 T_j に応じた重み $T_j / \sum T_j$ を付けて荷重加算し、加算データ K を作成する。

20

$$K = \sum \{ (T_j / \sum T_j) \cdot (I_j / (T_j \cdot I_o)) \}$$

ここでは、 $J = 2$ であり、

$$K = (T_1 / (T_1 + T_2)) \cdot (I_1 / (T_1 \cdot I_o)) + (T_2 / (T_1 + T_2)) \cdot (I_2 / (T_2 \cdot I_o))$$

となる。

【 0 0 5 9 】

ステップ S T 10 では、ログ化処理を行う。すなわち、 $-\text{Log}\{K\}$ を求める。

【 0 0 6 0 】

ステップ S T 11 では、ログ化処理後の加算データ $-\text{Log}\{K\}$ に対して第 2 の補正を施す。この第 2 の補正は、ビームハードニング補正、水補正、体動補正およびヘリカル補正のうちの少なくとも 1 つである。なお、表記を簡単にするために、第 2 の補正後の加算データも $-\text{Log}\{K\}$ で表すものとする。

30

【 0 0 6 1 】

ステップ S T 12 , S T 13 では、第 2 の補正後の加算データ $-\text{Log}\{K\}$ に対してフィルタ処理および逆投影演算を施し、加算 C T 画像 G を得る。

【 0 0 6 2 】

図 4 は、加算データ K の物理的意味を説明するためのモデル図である。

吸収係数 μ , パス長 x , 長さ $(L_1 + L_2)$ の介在物 H が空気中に在る。この介在物 H は、第 1 検出器列 D_1 のスライス厚 T_1 中に L_1 だけ入り、第 2 検出器列 D_2 のスライス厚 T_2 中に L_2 だけ入っている。単位厚さ当たりの入射 X 線量を I_o とする。

40

【 0 0 6 3 】

第 1 検出器列 D_1 で得られるローデータ I_1 は、

$$\begin{aligned} I_1 &= \int_0^{T_1} \{ I_o \cdot \exp\{-\mu(z) \cdot x(z)\} \} dz \\ &= \int_0^{L_1} \{ I_o \cdot \exp\{-\mu \cdot x\} \} dz + \int_{L_1}^{T_1} \{ I_o \cdot \exp\{0\} \} dz \\ &= I_o \cdot L_1 \cdot \exp\{-\mu \cdot x\} + I_o (T_1 - L_1) \\ &= I_o \cdot T_1 (L_1 \cdot \exp\{-\mu \cdot x\} / T_1 + 1 - L_1 / T_1) \end{aligned}$$

である。第 1 検出器列 D_1 への入射 X 線量 $T_1 \cdot I_o$ で割って感度補正すると、

$$I_1 / (T_1 \cdot I_o) = L_1 \cdot \exp\{-\mu \cdot x\} / T_1 + 1 - L_1 / T_1$$

となる。

50

【 0 0 6 4 】

同様に、第 2 検出器列 D 2 で得られるローデータ I 2 は、

$$I_2 = I_0 \cdot T_2 (L_2 \cdot \exp\{-\mu \cdot x\} / T_2 + 1 - L_2 / T_2)$$

である。第 2 検出器列 D 2 への入射 X 線量 $T_2 \cdot I_0$ で割って感度補正すると、

$$I_2 / (T_2 \cdot I_0) = L_2 \cdot \exp\{-\mu \cdot x\} / T_2 + 1 - L_2 / T_2$$

となる。

【 0 0 6 5 】

第 1 検出器列 D 1 と第 2 検出器列 D 2 とがスライス厚 $(T_1 + T_2)$ の一つの検出器列 D s とすれば、得られるローデータ I s は、

$$\begin{aligned} I_s &= \int_0^{T_1 + T_2} \{ I_0 \cdot \exp\{-\mu(z) \cdot x(z)\} \} dz \\ &= \int_0^{L_1 + L_2} \{ I_0 \cdot \exp\{-\mu \cdot x\} \} dz + \int_{L_1 + L_2}^{T_1 + T_2} \{ I_0 \cdot \exp\{0\} \} dz \end{aligned}$$

$$= I_0 (L_1 + L_2) \exp\{-\mu \cdot x\} + I_0 (T_1 + T_2 - L_1 - L_2)$$

$$= I_0 (T_1 + T_2) ((L_1 + L_2) \exp\{-\mu \cdot x\} / (T_1 + T_2) + 1 - (L_1 + L_2) / (T_1 + T_2))$$

である。検出器列 D s への入射 X 線量 $(T_1 + T_2) I_0$ で割って感度補正すると、

$$I_s / ((T_1 + T_2) I_0) = (L_1 + L_2) \exp\{-\mu \cdot x\} / (T_1 + T_2) + 1 - (L_1 + L_2) / (T_1 + T_2)$$

となる。

【 0 0 6 6 】

上記 $I_1 / (T_1 \cdot I_0)$ 、 $I_2 / (T_2 \cdot I_0)$ を、スライス厚 T_1 、 T_2 に応じた重み $T_1 / (T_1 + T_2)$ 、 $T_2 / (T_1 + T_2)$ を付けて荷重加算すると、加算データ K は、

$$K = (T_1 / (T_1 + T_2)) \cdot (I_1 / (T_1 \cdot I_0)) + (T_2 / (T_1 + T_2)) \cdot (I_2 / (T_2 \cdot I_0))$$

$$= (T_1 / (T_1 + T_2)) (L_1 \cdot \exp\{-\mu \cdot x\} / T_1 + 1 - L_1 / T_1) + (T_2 / (T_1 + T_2)) (L_2 \cdot \exp\{-\mu \cdot x\} / T_2 + 1 - L_2 / T_2)$$

$$= (L_1 + L_2) \exp\{-\mu \cdot x\} / (T_1 + T_2) + 1 - (L_1 + L_2) / (T_1 + T_2)$$

$$= I_s / ((T_1 + T_2) I_0)$$

となる。

すなわち、加算データ K は、スライス厚 $(T_1 + T_2)$ の一つの検出器列 D s で得られるローデータ I s を感度補正したローデータと等価となる。よって、加算断層画像 G 上にパーシャルボリュームの悪影響が現れることが無くなる。

【 0 0 6 7 】

なお、上記ステップ S T 5 の第 1 の補正は、感度補正前（ステップ S T 3 または S T 4 の前）のローデータ I j に対して施してもよいし、ログ化処理前（ステップ S T 1 0 の前）の加算データ K に対して施してもよい。

【 0 0 6 8 】

- 第 2 の実施形態 -

図 5 は、第 2 の実施形態に係る X 線 C T 装置における加算断層画像作成処理を示すフロー図である。

ステップ S T 2 1 では、画像番号カウンタ j を “ 1 ” に初期化する。

【 0 0 6 9 】

ステップ S T 2 2 では、マルチ X 線検出器の第 j 検出器列 D j のローデータ I j を読み込む。

【 0 0 7 0 】

ステップ S T 2 3 では、オフセット補正を行う。すなわち、第 j 検出器列 D j のローデータ I j からオフセット量を差し引く。なお、表記を簡単にするために、オフセット量を差し引いたローデータも I j で表すものとする。

【 0 0 7 1 】

ステップ S T 2 4、S T 2 5 では、j = 2 ~ J について上記ステップ S T 2 2 ~ S T 2 3

10

20

30

40

50

を繰り返す。これにより、オフセット補正後のローデータ $I_1 \sim I_J$ が得られる。
 ここでは、 $J = 2$ であり、ローデータ I_1, I_2 が得られる。

【0072】

ステップ S T 2 6 では、ローデータ $I_1 \sim I_J$ を単純加算し、加算データ I を作成する。

$$I = \sum \{I_j\}$$

ここでは、 $J = 2$ であり、

$$I = I_1 + I_2$$

となる。

【0073】

ステップ S T 2 7 では、検出器感度補正を行う。すなわち、加算データ I を入射 X 線量 $\Sigma T_j \cdot I_0$ で割る。ここで、 T_j は第 j 検出器列 D_j のスライス厚であり、 I_0 は単位厚さ当たりの入射 X 線量である。

【0074】

ステップ S T 2 8 では、検出器感度補正後の加算データ $I / \Sigma (T_j \cdot I_0)$ に対して第 1 の補正を施す。この第 1 の補正は、レファレンス補正である。なお、表記を簡単にするために、第 1 の補正後のローデータも $I / \Sigma (T_j \cdot I_0)$ で表すものとする。

【0075】

ステップ S T 2 9 では、Log フィルタリング処理を行う。すなわち、第 1 の補正後の加算データ $I / \Sigma (T_j \cdot I_0)$ のあるチャンネルの値が閾値以下の場合は、近接チャンネルをフィルタリングした値で置換する。

【0076】

ステップ S T 3 0 では、ログ化処理を行う。すなわち、 $-\text{Log}\{I / \Sigma (T_j \cdot I_0)\}$ を求める。

【0077】

ステップ S T 3 1 では、ログ化処理後の加算データ $-\text{Log}\{I / \Sigma (T_j \cdot I_0)\}$ に対して第 2 の補正を施す。この第 2 の補正は、ビームハードニング補正、水補正、体動補正およびヘリカル補正のうちの少なくとも 1 つである。なお、表記を簡単にするために、第 2 の補正後のローデータも $-\text{Log}\{I / \Sigma (T_j \cdot I_0)\}$ で表すものとする。

【0078】

ステップ S T 3 2, S T 3 3 では、第 2 の補正後の加算データ $-\text{Log}\{I / \Sigma (T_j \cdot I_0)\}$ に対してフィルタ処理および逆投影演算を施し、加算 C T 画像 G を得る。

【0079】

図 4 を参照して第 1 の実施形態で説明したように、

$$I_1 = I_0 \cdot T_1 (L_1 \cdot \exp\{-\mu \cdot x\} / T_1 + 1 - L_1 / T_1)$$

$$I_2 = I_0 \cdot T_2 (L_2 \cdot \exp\{-\mu \cdot x\} / T_2 + 1 - L_2 / T_2)$$

$$I_s = I_0 (T_1 + T_2) ((L_1 + L_2) \exp\{-\mu \cdot x\} / (T_1 + T_2) + 1 - (L_1 + L_2) / (T_1 + T_2))$$

であるから、

$$I = I_1 + I_2 = I_s$$

となる。

すなわち、加算データ I は、スライス厚 $(T_1 + T_2)$ の一つの検出器列 D_s で得られるローデータ I_s と等価となる。よって、加算断層画像 G 上にパーシャルボリュームの悪影響が現れることが無くなる。

【0080】

なお、上記ステップ S T 2 3 のオフセット補正は、感度補正前（ステップ S T 2 7 の前）の加算データ I に対して施してもよい。この場合、各ローデータ I_j のオフセット量も単純加算しておき、それを加算データ I から引けばよい。

また、上記ステップ S T 2 8 の第 1 の補正は、感度補正前（ステップ S T 2 7 の前）の加算データ I に対して施してもよい。

【0081】

10

20

30

40

50

【発明の効果】

本発明の加算断層画像作成方法およびX線CT装置によれば、複数の断層画像を加算した如き加算断層画像を作成する場合に、各断層画像のスライス厚が異なっているにもかかわらず、パーシャルボリュームの悪影響のない加算断層画像を作成することが出来る。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態にかかるX線CT装置のブロック図である。

【図2】X線管、コリメータおよびツインX線検出器を示す模式図である。

【図3】本発明の第1の実施形態にかかる加算断層画像作成処理のフロー図である。

【図4】本発明の原理を説明するためのモデル図である。

【図5】本発明の第2の実施形態にかかる加算断層画像作成処理のフロー図である。

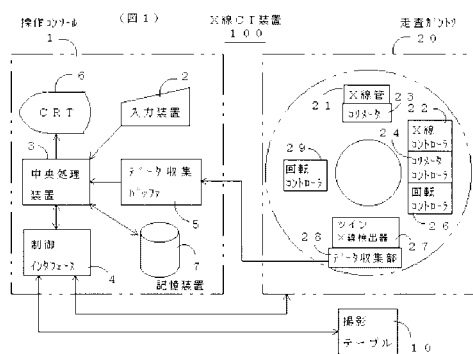
【図6】第1の従来例にかかる加算断層画像作成処理のフロー図である。

【図7】第2の従来例にかかる加算断層画像作成処理のフロー図である。

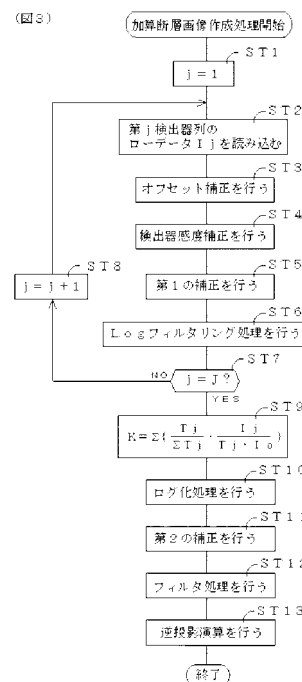
【符号の説明】

3	中央処理装置
2 7	ツインX線検出器
1 0 0	X線CT装置
D 1	第1検出器列
D 2	第2検出器列

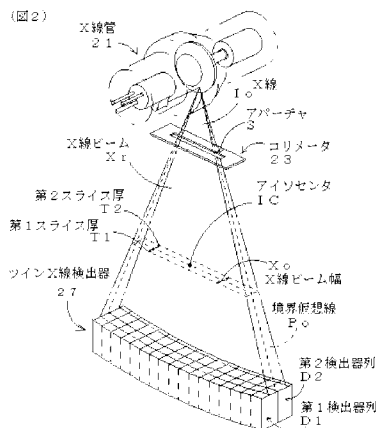
【図1】



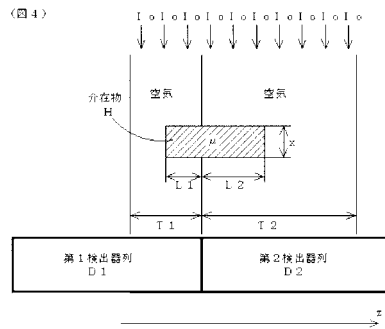
【図3】



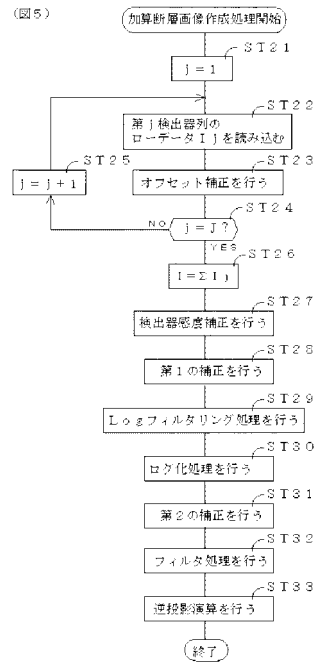
【図2】



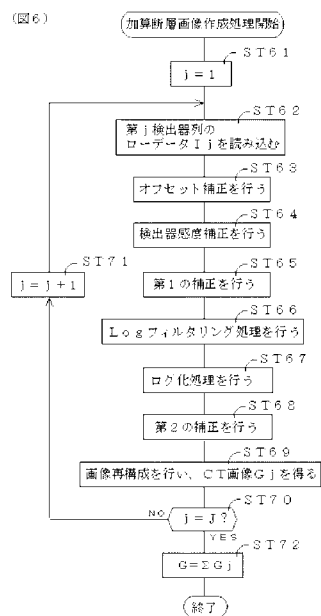
【図 4】



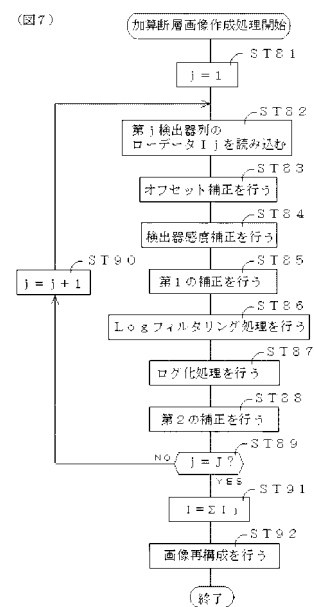
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(72)発明者 西出 明彦

東京都日野市旭ヶ丘4丁目7番地の127 ジーイー横河メディカルシステム株式会社内

審査官 長井 真一

(56)参考文献 特開平07-275236(JP,A)
特開平07-246200(JP,A)
特開平06-169912(JP,A)
特開平02-249535(JP,A)
特開平08-215187(JP,A)
特公昭63-062215(JP,B1)
特開平10-277025(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B6/00~6/14