

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5179136号
(P5179136)

(45) 発行日 平成25年4月10日(2013.4.10)

(24) 登録日 平成25年1月18日(2013.1.18)

(51) Int. Cl. F 1
A 6 1 B 6/03 (2006.01)
 A 6 1 B 6/03 3 5 O R
 A 6 1 B 6/03 3 2 3 E
 A 6 1 B 6/03 3 5 O S
 A 6 1 B 6/03 3 5 O T

請求項の数 11 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2007-258483 (P2007-258483)	(73) 特許権者	300019238
(22) 出願日	平成19年10月2日(2007.10.2)		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
(65) 公開番号	特開2009-82591 (P2009-82591A)		アメリカ合衆国・ウィスコンシン州・53188・ワウケシャ・ノース・グランドビュー・ブルバード・ダブリュー・710・3000
(43) 公開日	平成21年4月23日(2009.4.23)	(74) 代理人	100106541
審査請求日	平成22年8月30日(2010.8.30)		弁理士 伊藤 信和
		(72) 発明者	萩原 明
			東京都日野市旭が丘四丁目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】 X線CT装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

水平方向に移動して被検体を撮影空間へ搬送するクレードルと、複数の検出素子列からなり、前記クレードルの加減速移動時と一定速度移動時にヘリカルスキャンにより投影データを取得するためのX線検出器と、投影データについて逆投影処理を行う逆投影処理手段とを備えたX線CT装置であって、

前記逆投影処理手段は、前記クレードルの加減速移動時に収集された投影データを用いて画像再構成を行う場合に、各ビューの画像再構成面について、前記クレードルが一定速度で移動したと仮定した場合の仮想画像再構成面を想定し、該仮想画像再構成面上に投影データを逆投影する

ことを特徴とするX線CT装置。

【請求項2】

前記画像再構成面上の特定画素に対応するローデータを、前記特定画素に対応する前記仮想画像再構成面上の画素についてのローデータとして再配置を行い、この再配置処理を特定ビューの投影データにおける各ローデータについて行うことによって再配置済投影データを生成し、この再配置済投影データを全ビューについて生成する再配置処理手段と、

前記仮想画像再構成面上の画素点とこの画素点に対応するX線検出素子とを定めたテーブルを記憶する記憶部と、
を備え、

前記逆投影処理手段は、前記再配置済投影データについて、前記テーブルを参照して、

前記仮想画像再構成面上における画素点とこの画素点に対応する投影データとを特定して逆投影処理を行う

ことを特徴とする請求項 1 に記載の X 線 CT 装置。

【請求項 3】

前記再配置済投影データを補間処理する補間処理手段を備えており、前記逆投影処理手段は、補間処理後の再配置済投影データについて、前記テーブルを参照して、前記仮想画像再構成面上における画素点とこの画素点に対応する投影データを特定して逆投影処理を行うことを特徴とする請求項 2 に記載の X 線 CT 装置。

【請求項 4】

前記投影データに再構成荷重を乗算して重み付け済の投影データをビュー毎に生成する重み付け処理手段を備え、前記再配置処理手段は、重み付け済の投影データにおける各ローデータについて再配置処理を行うことを特徴とする請求項 2 又は 3 に記載の X 線 CT 装置。

10

【請求項 5】

前記重み付け処理手段は、前記投影データにおける各ローデータが画像再構成面上のどの画素に対応するものかを特定した上で、コーンビーム再構成荷重の乗算処理を行って重み付け済の投影データを生成することを特徴とする請求項 4 に記載の X 線 CT 装置。

【請求項 6】

前記重み付け処理手段は、画像再構成面を挟む対向ビュー又は 360 度異なる 2 つのビューについての各投影データについて、前記再構成荷重として前記各投影データを検出した X 線検出器と前記画像再構成面との距離に基づく重み係数を乗算してビュー毎の重み付け済の投影データを生成することを特徴とする請求項 4 に記載の X 線 CT 装置。

20

【請求項 7】

再配置処理後に前記再配置済投影データに再構成荷重を乗算して重み付け済の再配置済投影データを生成する重み付け処理手段を備え、前記逆投影処理手段は、重み付け済の再配置済投影データについて逆投影処理を行うことを特徴とする請求項 2 に記載の X 線 CT 装置。

【請求項 8】

再配置処理後に前記再配置済投影データに再構成荷重を乗算して重み付け済の再配置済投影データを生成する重み付け処理手段と、重み付け済の再配置済投影データについて補間処理を行う補間処理手段とを備え、前記逆投影処理手段は、重み付け処理と補間処理とがなされた再配置済投影データについて逆投影処理を行うことを特徴とする請求項 2 に記載の X 線 CT 装置。

30

【請求項 9】

再配置処理後に前記再配置済投影データについて補間処理を行う補間処理手段と、補間処理された前記再配置済投影データに再構成荷重を乗算して重み付け処理を行う重み付け処理手段とを備え、前記逆投影処理手段は、補間処理と重み付け処理とがなされた再配置済投影データについて逆投影処理を行うことを特徴とする請求項 2 に記載の X 線 CT 装置。

【請求項 10】

前記重み付け処理手段は、前記再配置済投影データにおける各ローデータが再配置処理前における画像再構成面上のどの画素に対応するものかを特定した上で、コーンビーム再構成荷重の乗算処理を行って重み付け済の再配置済投影データを生成することを特徴とする請求項 7, 8 又は 9 に記載の X 線 CT 装置。

40

【請求項 11】

前記重み付け処理手段は、前記仮想画像再構成面を挟む対向ビュー又は 360 度異なる 2 つのビューについての各再配置済投影データについて、前記再構成荷重として、前記各再配置済投影データに対応する再配置前の投影データを検出した X 線検出器と前記画像再構成面との距離に基づく重み係数を乗算して重み付け済の再配置済投影データを生成することを特徴とする請求項 7, 8 又は 9 に記載の X 線 CT 装置。

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、X線CT(Computerized Tomography)装置に関し、特にヘリカルスキャン(helical scan)におけるクレードルの加減速移動時に収集された投影データを用いて画像再構成を行う際の演算量を減らすことができるX線CT装置に関する。

【背景技術】

【0002】

X線CT装置において、画像再構成に用いる投影データの収集をヘリカルスキャンによって行う場合、X線管と複数のX線検出素子からなるX線検出器とを被検体の周りに回転させるとともに、被検体を載せたクレードルを直線移動させている。

10

【0003】

前記クレードルの直線移動距離のうち、前記クレードルの移動速度が一定に維持されている間のみ、投影データの収集を行う場合もあるが、例えば特許文献1に記載されているように、前記クレードルの加減速中においても投影データを収集する場合もある。このように前記クレードルの直線移動距離のうち、加減速のための移動距離分も利用して投影データの収集を行うことにより、短い移動距離で投影データを収集することができ、投影データの収集をより短時間で行うことができる。

【特許文献1】特開2005-40582号公報

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかし、前記クレードルの直線移動距離のうち、加減速のための移動距離分も利用して投影データの収集を行う場合、前記クレードルが一定速度ではないために、画像再構成の際の演算量が増えることになる。

【0005】

前記クレードルの加減速移動時に収集された投影データを用いて画像再構成する場合の演算量の増大の一例について説明すると、画像再構成にあっては、投影データを画素対応に加算して逆投影データを生成する逆投影処理が行われている。この逆投影処理において、画像再構成面上の画素点と、この画素点に対応する投影データとを特定して逆投影処理を行う場合がある。

30

【0006】

ここで、前記クレードルの一定速度移動時に収集された投影データを用いて画像再構成を行う場合、あるビューにおける画像再構成面と前記X線検出器におけるz軸方向の中心との距離は、画像再構成面毎に異なることはなく常に一定になる。従って、画像再構成面上の特定の画素を透過したX線を検出するX線検出素子は、特定のビューに着目した場合は常に同じものとなる。このため、前記クレードルの一定速度移動時に収集された投影データを用いて画像再構成を行う場合の逆投影処理において、画像再構成面上の画素点とこの画素点に対応する投影データとを特定するにあたっては、ビュー毎に、画像再構成面の画素点とこの画素点に対応するX線検出素子とを定めたテーブルを記憶しておき、このテーブルを参照して特定している。

40

【0007】

一方、前記クレードルの速度が一定ではない加減速移動時に収集された投影データを用いて画像再構成を行う場合にあっては、あるビューにおける画像再構成面と前記X線検出器におけるz軸方向の中心との距離は、画像再構成面毎に異なるものとなり、常に一定になるわけではない。従って、特定のビューにおいて、画像再構成面上の特定の画素を透過したX線を検出するX線検出素子は、常に同じものとはならない。このため、前記クレードルの加減速移動時に収集された投影データを用いて画像再構成を行う場合の逆投影処理において、画像再構成面上の画素点とこの画素点に対応する投影データとを特定する際に

50

、前記テーブルを用いることができず、画素点毎に演算による特定を行わざるを得ない。従って、演算量が多くなり、画像再構成時間が長くなっていた。

【0008】

本発明が解決しようとする課題は、画像再構成の際の演算量を減らして画像再構成時間を短縮化することができるX線CT装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

この発明は、前記課題を解決するためになされたものであり、第1の観点の発明は、水平方向に移動して被検体を撮影空間へ搬送するクレードルと、複数の検出素子列からなり、前記クレードルの加減速移動時と一定速度移動時にヘリカルスキャンにより投影データを取得するためのX線検出器と、投影データについて逆投影処理を行う逆投影処理手段とを備えたX線CT装置であって、前記逆投影処理手段は、前記クレードルの加減速移動時に収集された投影データを用いて画像再構成を行う場合に、各ビューの画像再構成面について、前記クレードルが一定速度で移動したと仮定した場合の仮想画像再構成面を想定し、該仮想画像再構成面上に投影データを逆投影することを特徴とする。

10

【0010】

第2の観点の発明は、第1の観点のX線CT装置において、前記画像再構成面上の特定画素に対応するローデータを、前記特定画素に対応する前記仮想画像再構成面上の画素についてのローデータとして再配置を行い、この再配置処理を前記特定ビューの投影データにおける各ローデータについて行うことによって再配置済投影データを生成し、この再配置済投影データを全ビューについて生成する再配置処理手段と、前記仮想画像再構成面上の画素点とこの画素点に対応するX線検出素子とを定めたテーブルを記憶する記憶部と、をさらに備え、前記逆投影処理手段は、前記再配置済投影データについて、前記テーブルを参照して、前記仮想画像再構成面上における画素点とこの画素点に対応する投影データとを特定して逆投影処理を行うことを特徴とする。

20

【0011】

第3の観点の発明は、第2の観点のX線CT装置において、前記再配置済投影データを補間処理する補間処理手段をさらに備えており、前記逆投影処理手段は、補間処理後の再配置済投影データについて、前記テーブルを参照して、前記仮想画像再構成面上における画素点とこの画素点に対応する投影データを特定して逆投影処理を行うことを特徴とする。

30

【0012】

第4の観点の発明は、第2又は第3の観点のX線CT装置において、前記投影データに再構成荷重を乗算して重み付け済の投影データをビュー毎に生成する重み付け処理手段をさらに備え、前記再配置処理手段は、重み付け済の投影データにおける各ローデータについて再配置処理を行うことを特徴とする。

【0013】

第5の観点の発明は、第4の観点のX線CT装置において、前記重み付け処理手段は、前記投影データにおける各ローデータが画像再構成面上のどの画素に対応するものかを特定した上で、コーンビーム再構成荷重の乗算処理を行って重み付け済の投影データを生成することを特徴とする。

40

【0014】

第6の観点の発明は、第4の観点のX線CT装置において、前記重み付け処理手段は、画像再構成面を挟む対向ビュー又は360度異なる2つのビューについての各投影データについて、前記再構成荷重として前記各投影データを検出したX線検出器と前記画像再構成面との距離に基づく重み係数を乗算してビュー毎の重み付け済の投影データを生成することを特徴とする。

【0015】

第7の観点の発明は、第2の観点のX線CT装置において、再配置処理後に前記再配置済投影データに再構成荷重を乗算して重み付け済の再配置済投影データを生成する重み付

50

け処理手段をさらに備え、前記逆投影処理手段は、重み付け済の再配置済投影データについて逆投影処理を行うことを特徴とする。

【 0 0 1 6 】

第 8 の観点の発明は、第 2 の観点の X 線 C T 装置において、再配置処理後に前記再配置済投影データに再構成荷重を乗算して重み付け済の再配置済投影データを生成する重み付け処理手段と、重み付け済の再配置済投影データについて補間処理を行う補間処理手段とをさらに備え、前記逆投影処理手段は、重み付け処理と補間処理とがなされた再配置済投影データについて逆投影処理を行うことを特徴とする。

【 0 0 1 7 】

第 9 の観点の発明は、第 2 の観点の X 線 C T 装置において、再配置処理後に前記再配置済投影データについて補間処理を行う補間処理手段と、補間処理された前記再配置済投影データに再構成荷重を乗算して重み付け処理を行う重み付け処理手段とを備え、前記逆投影処理手段は、補間処理と重み付け処理とがなされた再配置済投影データについて逆投影処理を行うことを特徴とする。

10

【 0 0 1 8 】

第 1 0 の観点の発明は、第 7 , 8 又は 9 の観点の X 線 C T 装置において、前記重み付け処理手段は、前記再配置済投影データにおける各ローデータが再配置処理前における画像再構成面上のどの画素に対応するものかを特定した上で、コーンビーム再構成荷重の乗算処理を行って重み付け済の再配置済投影データを生成することを特徴とする。

【 0 0 1 9 】

第 1 1 の観点の発明は、第 7 , 8 又は 9 の観点の X 線 C T 装置において、前記重み付け処理手段は、前記仮想画像再構成面を挟む対向ビュー又は 3 6 0 度異なる 2 つのビューについての各再配置済投影データについて、前記再構成荷重として、前記各再配置済投影データに対応する再配置前の投影データを検出した X 線検出器と前記画像再構成面との距離に基づく重み係数を乗算して重み付け済の再配置済投影データを生成することを特徴とする。

20

【 発明の効果 】

【 0 0 2 0 】

第 1 の観点の発明に係る X 線 C T 装置によれば、前記クレードルの加減速移動時に収集された投影データを用いて画像再構成を行う場合に、前記クレードルが一定速度で移動したと仮定した場合の仮想画像再構成面を想定して逆投影処理をするので、前記クレードルの加減速移動時に収集された投影データを用いた画像再構成の際の演算量を従来よりも減らすことができる。

30

【 0 0 2 1 】

第 2 の観点の発明に係る X 線 C T 装置によれば、前記クレードルの加減速移動時に収集された投影データにおけるローデータについて、再配置処理を行うことにより、前記逆投影処理ステップにおいて、前記テーブルを参照して、前記仮想画像再構成面上の画素点とこの画素点に対応する投影データとを特定して逆投影処理をすることができる。これにより、前記逆投影処理ステップにおいて画像再構成面上の画素点とこの画素点に対応する投影データとを特定するための演算が不要になる。一方、前記再配置処理ステップにおいては、前記画像再構成面上の特定画素に対応するローデータを、前記特定画素に対応する前記仮想画像再構成面上の画素についてのローデータとして再配置処理を行う際に、どの位置の検出素子列のローデータとして再配置するかについての位置特定の演算、すなわち前記仮想画像再構成面上の画素に対応する検出素子列の位置特定の演算を行う必要があるが、この演算はローデータ単位、すなわち画素列単位での演算であり、従来のように逆投影処理において画素点毎に演算を行う場合に比べれば演算量は少ない。従って、画像再構成処理全体の演算量としては、従来よりも減らすことができ、これにより画像再構成時間を短縮化することができる。

40

【 0 0 2 2 】

第 3 の観点の発明に係る X 線 C T 装置によれば、前記再配置済投影データを補間処理す

50

ることにより、画質の劣化を抑制することができる。

【 0 0 2 3 】

第 4 の観点の発明に係る X 線 CT 装置によれば、重み付け済の投影データにおける各ローデータについて再配置処理を行うことにより、重み付けされた再配置済の投影データを得ることができる。そして、その後逆投影処理を実行することにより、第 1 の観点の発明と同様の効果を得ることができる。

【 0 0 2 4 】

第 5 の観点の発明に係る X 線 CT 装置によれば、前記投影データについて前記再構成荷重としてコーンビーム再構成荷重を乗算して重み付け済の投影データが生成され、この投影データにおける各ローデータについて再配置処理が行われることになる。そして、その後逆投影処理を実行することにより、第 1 の観点の発明と同様の効果を得ることができる。

【 0 0 2 5 】

第 6 の観点の発明に係る X 線 CT 装置によれば、画像再構成面を挟む対向ビュー又は 360 度異なる 2 つのビューについての各投影データについて前記再構成荷重として前記各投影データを検出した X 線検出器と前記画像再構成面との距離に基づく重み係数を乗算して重み付け済の投影データが生成され、この投影データにおける各ローデータについて前記再配置処理が行われることになる。そして、その後逆投影処理を実行することにより、第 1 の観点の発明と同様の効果を得ることができる。

【 0 0 2 6 】

第 7 の観点の発明に係る X 線 CT 装置によれば、前記再配置処理ステップの後に重み付け処理を行うことにより、重み付けされた再配置済の投影データを得ることができる。そして、その後前記逆投影処理ステップを実行することにより、第 1 の観点の発明と同様の効果を得ることができる。

【 0 0 2 7 】

第 8 , 9 の観点の発明に係る X 線 CT 装置によれば、重み付け処理と補間処理とがされた再配置済投影データを得ることができる。そして、その後逆投影処理を実行することにより、第 1 の観点の発明と同様の効果を得ることができる。

【 0 0 2 8 】

第 10 の観点の発明に係る X 線 CT 装置によれば、コーンビーム再構成荷重の乗算処理を行って重み付け済の再配置済投影データが生成される。そして、その後逆投影処理を実行することにより、第 1 の観点の発明と同様の効果を得ることができる。

【 0 0 2 9 】

第 11 の観点の発明に係る X 線 CT 装置によれば、前記仮想画像再構成面を挟む対向ビュー又は 360 度異なる 2 つのビューについての各再配置済投影データについて、前記再構成荷重として、前記各再配置済投影データに対応する再配置前の投影データを検出した X 線検出器と前記画像再構成面との距離に基づく重み係数を乗算して重み付け済の再配置済投影データが生成される。そして、その後逆投影処理を実行することにより、第 1 の観点の発明と同様の効果を得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 3 0 】

以下、本発明の実施形態について図面に基づいて詳細に説明する。

(第一実施形態)

先ず、本発明の第一実施形態について説明する。図 1 は、本発明の第一実施形態に係る X 線 CT 装置の構成を示すブロック図である。

図 1 に示す X 線 CT 装置 1 は、操作コンソール 100 と、テーブル装置 200 と、走査ガントリ 300 とを備えている。

【 0 0 3 1 】

前記操作コンソール 100 は、操作者の入力を受け付ける入力装置 101 と、本発明に係る画像再構成処理等を実行する中央処理装置 102 と、前記走査ガントリ 300 で取得

10

20

30

40

50

された X 線検出素子（後述する）毎の検出データを収集して投影データとするデータ収集バッファ 103 と、前記投影データから再構成した CT 画像を表示する CRT 104 と、プログラムやデータや X 線 CT 画像等を記憶する記憶装置 105 とを有している。本実施形態では、この記憶装置 105 に記憶されたデータとして、図 2 に示すテーブルがビュー毎に記憶されている。このテーブルにおいては、前記テーブル装置 200 におけるクレードル 201（後述）の一定速度移動時にスキャンを行って投影データを収集する場合における画像再構成面上の画素点とこの画素点に対応する X 線検出素子（前記画素点を透過した X 線を検出する検出素子）とが定められている。

【0032】

このテーブルは、前記クレードル 201 の一定速度移動時に収集された投影データを用いて画像再構成を行う際の逆投影処理において、画像再構成面上の画素点とこの画素点に対応する投影データとを特定する際に参照される。また、このテーブルは、後で詳しく説明するように、前記クレードル 201 の加減速移動時に収集された投影データを用いて画像再構成を行う際の逆投影処理においても参照される。この場合、前記テーブルは、後述の仮想画像再構成面 P 上の画素点とこの画素点に対応する X 線検出素子とを定めたものとしての意義を有する。

10

【0033】

前記中央処理装置 102 は、例えばコンピュータ（computer）等によって構成され、図 3 に示すように、後述の重み付け処理を行う重み付け処理手段 1021、後述の再配置処理を行う再配置処理手段 1022、後述の逆投影処理を行う逆投影処理手段 1023 を備えている。また、前記中央処理装置 102 は、図示しないが、後述の前処理を行う前処理手段及び後述のフィルタ処理を行うフィルタ処理手段を備えている。

20

【0034】

前記テーブル装置 200 は、被検体を載せて前記走査ガントリ 300 の空洞部に入れ出しするクレードル 201 を有している。このクレードル 201 は、水平方向に移動することにより、前記走査ガントリ 300 の空洞部へ被検体を入れ出しするようになっている。

【0035】

前記走査ガントリ 300 は、X 線管 301 と、X 線コントローラ 302 と、コリメータ 303 と、X 線検出器 304 と、DAS（Data Acquisition System）305 と、被検体の体軸の周りに前記 X 線管 301 及び前記 X 線検出器 304 を回転させる回転コントローラ 306 と、制御信号などを前記操作コンソール 100 や前記テーブル装置 200 とやり取りする制御インタフェース 307 とを有している。

30

【0036】

図 4 及び図 5 は、前記 X 線管 301 と前記 X 線検出器 304 の説明図である。前記 X 線管 301 及び前記 X 線検出器 304 は、回転中心 IC の周りを回転する。鉛直方向を y 方向とし、水平方向を x 方向とし、これらに垂直な方向を z 方向とすると、前記 X 線管 301 及び前記 X 線検出器 304 の回転平面は、xy 平面である。また、前記クレードル 201 の移動方向は z 方向である。

【0037】

前記 X 線管 301 は、コーンビーム CB と呼ばれる X 線ビームを発生する。コーンビーム CB の中心軸方向が y 方向に平行なときを、view = 0° とする。

40

前記 X 線検出器 304 は、複数の X 線検出素子 304a で構成されている。より詳細には、前記 X 線検出器 304 は、複数の検出素子列、すなわち第 1 検出素子列～第 J（ただし、J ≥ 2）検出素子列を有し、この検出素子列は複数のチャンネル、すなわちチャンネル 1 からチャンネル I（ただし、I ≥ 2）を有している。例えば、前記 X 線検出器 304 は、256 列の検出素子列（すなわち、J = 256）と 1024 チャンネルのチャンネル（すなわち、I = 1024）を有する。

【0038】

このように構成された前記 X 線 CT 装置 1 の撮像方法について説明する。前記 X 線 CT 装置 1 では、ヘリカルスキャンにおける前記クレードル 201 の加減速移動時と一定速度

50

移動時に投影データの収集を行い、得られた投影データを用いて画像再構成を行う。以下、前記クレードル 201 の加減速移動時に収集された投影データを用いて画像再構成を行う場合について説明する。前記クレードル 201 の一定速度移動時に収集された投影データを用いた画像再構成については、後述するステップ S5 の再配置処理が行われない点を除いては、加減速移動時に収集された投影データを用いた画像再構成と同様であり、ここでは説明を省略する。

【0039】

図 6 は、第一実施形態における前記 X 線 CT 装置 1 の撮像方法を示すフロー図である。この図 6 に示すステップ S1 では、前記 X 線管 301 と前記 X 線検出器 304 とを被検体の周りに回転させ、かつ前記クレードル 201 を直線移動させながら、直線移動位置 z とビュー角度と検出器列番号 j とチャンネル番号 i とで表されるビュー角度 $view$ 毎の投影データを収集する。図 7 に、あるビュー角度 $view$ の投影データのフォーマットを示す。この投影データは、前記 X 線検出素子 304 a 毎の検出データの集合体であり、ビュー角度 $view$ 毎（例えば全部で 1000 ビューであれば、 0.36° 毎）に前記記憶装置 105 に記憶される。

10

【0040】

前記クレードル 201 の移動制御は、前記中央処理装置 102 が行う。図 8 は、前記クレードル 201 の直線移動距離と直線移動速度との関係を示す図である。この図 8 に基づいて前記クレードル 201 の移動制御について詳しく説明すると、前記中央処理装置 102 は、前記クレードル 201 を所定関数に基づいて加速する。そして、前記クレードル 201 が所定の直線移動速度になると、一定速度で移動させる。つぎに、前記クレードル 201 が定速終了位置に達すると、所定関数に基づいて減速する。そして、前記クレードル 201 の直線移動速度が停止可能速度になると、前記クレードル 201 の直線移動をストップさせる。

20

【0041】

図 6 に戻り、ステップ S2 以降においては、前記中央処理装置 102 が画像再構成を行う。ここでの画像再構成は、3次元画像再構成である。具体的に説明すると、先ずステップ S2 では、前記投影データに対して、前記前処理手段（図示省略）が前処理（オフセット補正，対数補正，X線線量補正，感度補正）を行う。

【0042】

ステップ S3 では、前処理した前記投影データに対して、前記フィルタ処理手段（図示省略）がフィルタ処理を行う。すなわち、フーリエ変換し、フィルタ（再構成関数）を掛け、逆フーリエ変換する。

30

【0043】

ステップ S4 では、フィルタ処理した前記投影データに対して、前記重み付け処理手段 1021 が重み付け処理を行う。この重み付け処理については、図 9 を参照して後述する。

【0044】

ステップ S5 では、前記再配置処理手段 1022 が、重み付け処理された前記投影データの再配置処理を行い、再配置済投影データを得る。この再配置処理については、図 12 を参照して後述する。

40

【0045】

ステップ S6 では、前記逆投影処理手段 1023 が、前記再配置済投影データに対して逆投影処理を行い、逆投影データを得る。この逆投影処理については、図 16 を参照して後述する。

【0046】

ステップ S7 では、前記逆投影データに対して後処理を行い、CT画像を得る。

【0047】

ステップ S4 の重み付け処理について詳細に説明する。図 9 は、重み付け処理の詳細を示すフロー図である。

50

【 0 0 4 8 】

ステップ S 4 1 では、CT 画像の再構成に必要な全ビュー（すなわち、360°分のビュー又は「180°分+ファン角度分」のビュー）の中の一つのビューに着目する。

【 0 0 4 9 】

ステップ S 4 2 では、検出素子列単位の投影データ、すなわちローデータが、画像再構成面上のどの画素に対応するものかを演算した上で、前記ローデータにコーンビーム再構成荷重を乗算して重み付け済のローデータを生成し、この重み付け済みのローデータを各ローデータについて生成して、重み付け済の投影データを得る（コーンビーム再構成荷重の乗算処理）。

【 0 0 5 0 】

前記ステップ S 4 2 について、図 1 0 及び図 1 1 を参照してもう少し詳しく説明する。図 1 0 は、x 軸方向から見た前記 X 線管 3 0 1 及び前記 X 線検出器 3 0 4 と画像再構成面 P とを示す図であり、図 1 1 は、図 1 0 を z 軸方向から見た図である。これらの図には、画像再構成面 P 上に投影された特定の検出素子列 j のローデータの分布 L が示されており、前記ステップ S 4 2 ではこの分布 L に相当する画素群 g s を演算により特定した上で、前記ローデータにコーンビーム再構成荷重を乗算して重み付け済のローデータを生成する。そして、この重み付け済のローデータを、前記画像再構成面 P 上に投影される全てのローデータについて生成し、重み付け済の投影データを得る。

【 0 0 5 1 】

ここで、コーンビーム再構成荷重は、例えば前記 X 線管 3 0 1 の焦点から前記ローデータ L に対応する検出素子列 j までの距離に基づいて算出される。

【 0 0 5 2 】

ステップ S 4 3 では、CT 画像の再構成に必要な全ビュー（すなわち、360°分のビュー又は「180°分+ファン角度分」のビュー）について、ステップ S 4 1 と S 4 2 を繰り返し、各ビューについての重み付け済の投影データを生成する。

【 0 0 5 3 】

次に、ステップ S 5 の再配置処理について図 1 2 を参照して詳細に説明する。図 1 2 は、再配置処理の詳細を示すフロー図である。

【 0 0 5 4 】

ステップ S 5 1 では、CT 画像の再構成に必要な全ビュー（すなわち、360°分のビュー又は「180°分+ファン角度分」のビュー）の中の一つのビューに着目する。

【 0 0 5 5 】

ステップ S 5 2 では、重み付け済の投影データにおける各ローデータの再配置を行い、再配置済投影データを生成する。図 1 3 , 1 4 を用いてより詳細に説明する。図 1 3 は、x 軸方向から見た前記 X 線管 3 0 1 及び前記 X 線検出器 3 0 4 と画像再構成面とを示す図であり、図 1 3 (A) には、前記クレードル 2 0 1 の加減速移動時の前記着目ビューにおける現実の画像再構成面 P が示され、一方図 1 3 (B) には、前記着目ビューにおいて、前記クレードル 2 0 1 が一定速度で移動したと仮定した場合における、前記画像再構成面 P に相当する仮想画像再構成面 P が示されている。また、図 1 4 は、再配置処理の概念図である。

【 0 0 5 6 】

ここで、前記仮想画像再構成面 P について、図 1 5 に基づいて説明する。図 1 5 は、前記仮想画像再構成面 P についての説明図である。この図 1 5 には、前記クレードル 2 0 1 の加減速移動時における前記 X 線管 3 0 1、前記 X 線検出器 3 0 4 及び画像再構成面 P のジオメトリ（図中の上方）と、前記クレードル 2 0 1 が一定速度で移動した場合における前記 X 線管 3 0 1、前記 X 線検出器 3 0 4 及び前記仮想画像再構成面 P のジオメトリ（図中の下方）とが示されている。図中のドット D は、前記 X 線検出器 3 0 4 の軌跡を示しており、図示された各ジオメトリは、互いに同じビューのものである。前記仮想画像再構成面 P は、前記クレードル 2 0 1 が一定速度で移動した場合において、画像再構成面 P に相当するものである。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 7 】

前記ステップS 5 2の説明に戻ると、このステップS 5 2では、前記画像再構成面P上の画素群 g_s に対応するローデータを、前記画素群 g_s に対応する前記仮想画像再構成面P上における画素群 g_s についてのローデータとして再配置する。言い換えれば、前記画素群 g_s に対応する第j列のローデータを、前記画素群 g_s に対応する第j列のローデータとして再配置する。このとき、どの位置の検出素子列のローデータとして再配置するか(すなわち g_s に対応する検出素子列(第j列)の特定)は、例えば前記仮想画像再構成面Pと、前記X線検出器304におけるz軸方向の中心との距離 d_z に基づいて演算を行い特定する。そして、この再配置を重み付け済の投影データにおける各ローデータについて行って、前記再配置済投影データを生成する。

10

【 0 0 5 8 】

ステップS 5 3では、CT画像の再構成に必要な全ビュー(すなわち、360°分のビュー又は「180°分+ファン角度分」のビュー)について、ステップS 5 1とステップS 5 2を繰り返し、ビュー毎の再配置済投影データを生成する。

【 0 0 5 9 】

ステップS 6の3次元逆投影処理について詳細に説明する。図16は、3次元逆投影処理の詳細を示すフロー図である。

【 0 0 6 0 】

ステップS 6 1では、所望の画像位置の画像再構成面でのCT画像の再構成に必要な全ビューの中の一つのビューに着目する。

20

【 0 0 6 1 】

ステップS 6 2では、着目ビューにおける前記仮想画像再構成面Pを想定した上で、図2に示すテーブルを参照して、前記仮想画像再構成面P(図12(B)参照)上における画素点と、この画素点に対応する再配置済投影データとを特定する。

【 0 0 6 2 】

ステップS 6 3では、図17に示すように、特定された再配置済投影データを画素対応に加算する。

【 0 0 6 3 】

ステップS 6 4では、CT画像の再構成に必要な全ビュー(すなわち、「360°分」のビュー又は「180°+ファン角度分」のビュー)について、ステップS 6 1~S 6 3を繰り返し、逆投影データを得る。

30

【 0 0 6 4 】

ステップS 6 5では、前記仮想画像再構成面P上のすべての画素点について、ステップS 6 1~S 6 4を繰り返し、前記仮想画像再構成面P上のすべての画素点についての逆投影データを得る。

【 0 0 6 5 】

以上のようにしてステップS 1からS 7を経て得られたCT画像は、前記仮想画像再構成面Pについてのものであるが、前記のように前記仮想画像再構成面Pは、前記クレードル201が一定速度で移動したと仮定した場合における画像再構成面Pに相当するものである。従って、得られたCT画像は現実の画像再構成面のものとなる。

40

【 0 0 6 6 】

以上説明した第一実施形態によれば、前記クレードル201の加減速移動時に収集された投影データを用いて画像再構成を行う場合に、各ビューの画像再構成面Pについて、前記クレードル201が一定速度で移動したと仮定した場合の仮想画像再構成面Pを想定して逆投影処理をするので、前記クレードル201の加減速移動時に収集された投影データを用いた画像再構成の際の演算量を従来よりも減らすことができる。具体的に本実施形態における演算量の減少について述べれば、前記クレードル201の加減速移動時に収集された投影データにおけるローデータについて、ステップS 5で再配置処理を行うことにより、ステップS 6の前記逆投影処理ステップにおいて、前記テーブルを参照して、仮想画像再構成面P上の画素点 g とこの画素点 g に対応する投影データとを特定し、逆

50

投影処理をすることができる。これにより、前記逆投影処理ステップにおいて、画像再構成面 P 上の画素点 g とこの画素点 g に対応する投影データとを特定するための演算が不要になる。一方、前記再配置処理ステップにおいては、前記画像再構成面 P 上の画素群 g_s に対応するローデータを、前記画素群 g_s に対応する前記仮想画像再構成面 P 上の画素群 g_s についてのローデータとして再配置を行う際に、どの位置の検出素子列のローデータとして再配置するかについての位置特定の演算、すなわち前記仮想画像再構成面 P 上の画素群 g_s に対応する検出素子列（第 j 列）の位置特定の演算を行うが、この演算はローデータ単位、すなわち画素列単位での演算であり、従来のように逆投影処理において画素点毎に演算する場合に比べれば演算量は少ない。従って、画像再構成処理全体の演算量としては、従来よりも減らすことができ、これにより画像再構成時間を短縮することができる。

10

【0067】

（第二実施形態）

次に、第二実施形態について説明する。図18は、第二実施形態における前記X線CT装置1の撮像方法の概略を示すフロー図である。この第二実施形態は、前記再配置済投影データの補間処理（ステップS6）を行う以外は第一実施形態と同様であり、以下の説明では第一実施形態と同様の事項については説明を省略する。

【0068】

この第二実施形態における前記X線CT装置1の構成は、前記中央処理装置102が、前記重み付け処理手段1021、前記再配置処理手段1022、前記逆投影処理手段1023のほか、図示しない補間処理手段を備える以外は、第一実施形態と同様である。

20

【0069】

前記補間処理について詳しく説明する。図19、20は、前記X線管301及び前記X線検出器304と画像再構成面とを示す図であり、図19には、前記クレードル201の加減速移動時の前記着目ビューにおける現実の画像再構成面Pが示され、一方図20には、前記クレードル201が一定速度で移動したと仮定した場合の前記着目ビューにおける仮想画像再構成面Pが示されている。これら図19、20に示すように、前記X線検出器304のz軸方向の中心と現実の画像再構成面Pとの距離 d_{z1} よりも、前記X線検出器304のz軸方向の中心と仮想画像再構成面Pとの距離 d_{z2} の方が小さくなった場合、ステップS5の再配置処理ステップにおいて生成された再配置済投影データのローデータの分布Lの密度が小さくなる。そこで、このような場合、ステップS5の再配置処理の後に、ステップS6において前記再配置済投影データを補間処理して、ローデータの密度を大きくする。

30

【0070】

ステップS6において補間処理を行うと、ステップS7では逆投影処理を行う。この逆投影処理は、第一実施形態におけるステップS6と基本的には同様であるが、補間処理された再配置済投影データについて、逆投影処理を行う。

【0071】

次に、ステップS8では、第一実施形態のステップS7と同様に後処理を行う。すなわち、ステップS7において得られた逆投影データに対して後処理を行い、CT画像を得る。

40

【0072】

以上説明した第二実施形態によれば、再配置済投影データを補間処理することにより、画質の劣化を抑制することができる。

【0073】

（第三実施形態）

次に、本発明の第三実施形態について説明する。図21は、第三実施形態における前記X線CT装置1の撮像方法を示すフロー図である。このフロー図は、図5のフロー図とステップS4、S5が変わった以外は図5と同じであり、変わった部分についてのみ説明する。

50

【 0 0 7 4 】

この第三実施形態では、ステップ S 3 の後のステップ S 4 において、投影データの再配置処理を行い、再配置済投影データを得る。再配置処理の具体的内容は、第一実施形態で説明したステップ S 5 の内容と同様であり説明を省略する。

【 0 0 7 5 】

次に、ステップ S 5 では、再配置済投影データについて、重み付け処理を行う。この重み付け処理の内容も、第一実施形態で説明したステップ S 4 の内容と基本的には同様であるが、再配置済投影データにおける各ローデータが、再配置処理前における画像再構成面（すなわち、図 1 3 (A) における現実の画像再構成面 P) 上のどの画素に対応するものかを演算した上で、前記各ローデータにコーンビーム再構成荷重を乗算して重み付け済のローデータを各ローデータについて生成して、重み付け済の再配置済投影データを生成する（コーンビーム再構成荷重の乗算処理）。

10

【 0 0 7 6 】

そして、ステップ S 6 では、重み付け済の前記再配置済投影データについて、前記各実施形態と同様にして逆投影処理を行う。

【 0 0 7 7 】

以上説明した第三実施形態によっても、第一実施形態と同様の効果を得ることができる。

【 0 0 7 8 】

次に、第三実施形態の変形例について説明する。まず、第一変形例について、図 2 2 に基づいて説明する。図 2 2 は、第三実施形態の第一変形例における前記 X 線 C T 装置 1 の撮像方法を示すフロー図である。

20

【 0 0 7 9 】

この第一変形例では、前記第二実施形態と同様に、前記中央処理装置 1 0 2 が補間処理手段を備えており、ステップ S 5 の重み付け処理後にステップ S 6 の処理として補間処理を行う以外は、図 2 1 のフロー図と同じ処理を行う。すなわち、ステップ S 5 の重み付け処理の後に、重み付け済の再配置済投影データについて、ステップ S 6 で補間処理を行い、次いでこのステップ S 6 の後にステップ S 7 の逆投影処理及びステップ S 8 の後処理を行う。

【 0 0 8 0 】

このような第三実施形態の第一変形例によれば、前記第二実施形態と同様に、補間処理することで画質の劣化を抑制することができる。

30

【 0 0 8 1 】

次に第三実施形態の第二変形例について説明する。図 2 3 は、第三実施形態の第二変形例における前記 X 線 C T 装置 1 の撮像方法を示すフロー図である。

【 0 0 8 2 】

この第二変形例においても、補間処理が行われるが、この補間処理は、ステップ S 4 の再配置処理後のステップ S 5 の処理として行われる。そして、このステップ S 5 において、再配置済投影データについて補間処理が行われた後、ステップ S 6 において重み付け処理が行われる。この重み付け処理の内容も、第一実施形態で説明したステップ S 4 の内容と基本的には同様であるが、補間処理後の再配置済投影データにおける各ローデータが、再配置処理前における画像再構成面上のどの画素に対応するものかを演算した上で、前記各ローデータにコーンビーム再構成荷重を乗算して重み付け済のローデータを各ローデータについて生成して、重み付け済の再配置済投影データを生成する（コーンビーム再構成荷重の乗算処理）。そして、このようなステップ S 6 の後、ステップ S 7 の逆投影処理及びステップ S 8 の後処理を行う。

40

【 0 0 8 3 】

このような第三実施形態の第二変形例によっても、前記第二実施形態と同様に、補間処理することで画質の劣化を抑制することができる。

【 0 0 8 4 】

50

以上、本発明を前記各実施形態によって説明したが、この発明はこれらに限られるものではない。たとえば、前記各実施形態では3次元画像再構成法の例について説明したが、画像再構成面上の画素点と、この画素点に対応する投影データとを特定して逆投影処理を行う2次元画像再構成法についても同様に適用可能である。この場合、再配置処理の前に重み付け処理を行う場合は、画像再構成面Pを挟む対向ビュー又は360度異なる2つのビューについての各投影データについて、再構成荷重として前記各投影データを検出したX線検出器304と前記画像再構成面Pとの距離に基づく重み係数を乗算してビュー毎の重み付け済の投影データを生成し、2次元画像再構成を行う。また、再配置処理の後に重み付け処理を行う場合においては、前記仮想画像再構成面Pを挟む対向ビュー又は360度異なる2つのビューについての各再配置済投影データについて、前記再構成荷重として、前記各再配置済投影データに対応する再配置前の投影データを検出したX線検出器304と前記画像再構成面Pとの距離に基づく重み係数を乗算して重み付け済の再配置済投影データを生成し、2次元画像再構成を行う。

【0085】

また、前記実施形態ではファン画像再構成について説明したが、本発明は平行ビーム画像再構成についても同様に適用可能である。

その他、本発明の主旨を変更しない範囲で種々変更実施可能なことはもちろんである。

【図面の簡単な説明】

【0086】

【図1】本発明の第一実施形態に係るX線CT装置の構成を示すブロック図である。

【図2】画像再構成面上の画素点とこの画素点に対応する投影データとを特定するためのテーブルを示す図である。

【図3】中央処理装置の構成を示すブロック図である。

【図4】X線管とX線検出器の説明図である。

【図5】X線管とX線検出器の説明図である。

【図6】第一実施形態におけるX線CT装置の撮像方法を示すフロー図である。

【図7】あるビュー角度viewの投影データのフォーマットを示す図である。

【図8】クレードルの直線移動距離と直線移動速度との関係を示す図である。

【図9】重み付け処理の詳細を示すフロー図である。

【図10】x軸方向から見たX線管及びX線検出器と画像再構成面とを示す図である。

【図11】図10をz軸方向から見た図である。

【図12】再配置処理の詳細を示すフロー図である。

【図13】x軸方向から見たX線管及びX線検出器と画像再構成面とを示し、(A)は、クレードルの加減速移動時の着目ビューにおける現実の画像再構成面を示す図、(B)は、クレードルが一定速度で移動したと仮定した場合の着目ビューにおける仮想画像再構成面を示す図である。

【図14】再配置処理の概念図である。

【図15】仮想画像再構成面についての説明図である。

【図16】3次元逆投影処理の詳細を示すフロー図である。

【図17】特定された再配置済投影データを画素対応に加算することを示すための説明図である。

【図18】第二実施形態におけるX線CT装置の撮像方法を示すフロー図である。

【図19】X線管及びX線検出器と、クレードルの加減速移動時の着目ビューにおける現実の画像再構成面とを示す図であり、(A)は、x軸方向から見た図、(B)は、z軸方向から見た図である。

【図20】X線管及びX線検出器と、クレードルが一定速度で移動したと仮定した場合の着目ビューにおける現実の画像再構成面とを示す図であり、(A)は、x軸方向から見た図、(B)は、z軸方向から見た図である。

【図21】第三実施形態におけるX線CT装置の撮像方法を示すフロー図である。

【図22】第三実施形態の第一変形例におけるX線CT装置の撮像方法を示すフロー図で

10

20

30

40

50

ある。

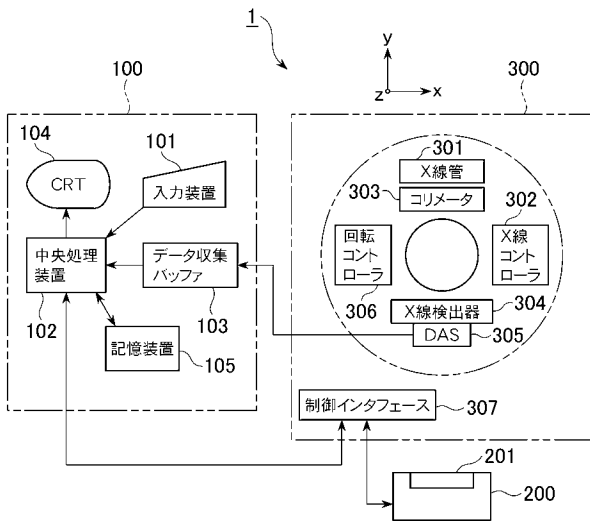
【図23】第三実施形態の第二変形例におけるX線CT装置の撮像方法を示すフロー図である。

【符号の説明】

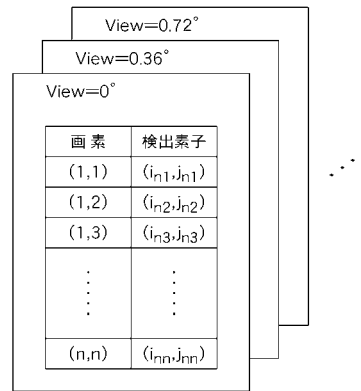
【0087】

- 1 X線CT装置
- 201 クレードル
- 304 X線検出器
- 304a X線検出素子
- 1021 重み付け処理手段
- 1022 再配置処理手段
- 1023 逆投影処理手段

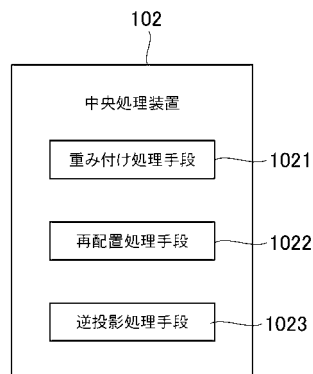
【図1】



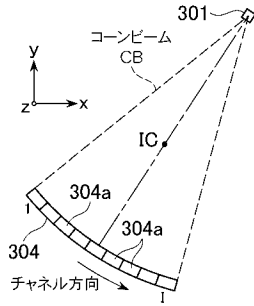
【図2】



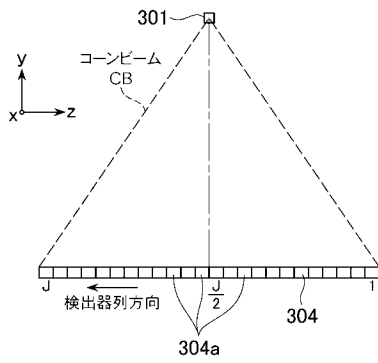
【図3】



【図4】



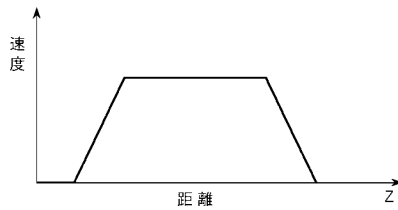
【図5】



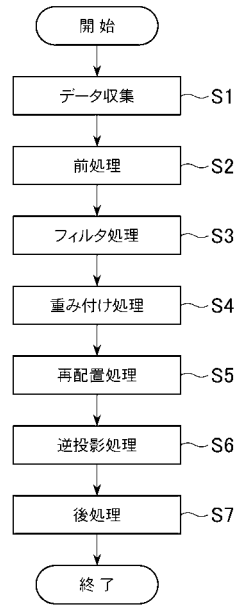
【図7】

	1ch	2ch	...	lch	
1列	16ビット	16ビット			
2列	16ビット				
...					
J列					Z座標情報 ビュー角度情報

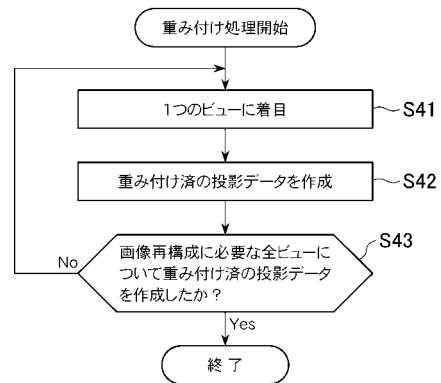
【図8】



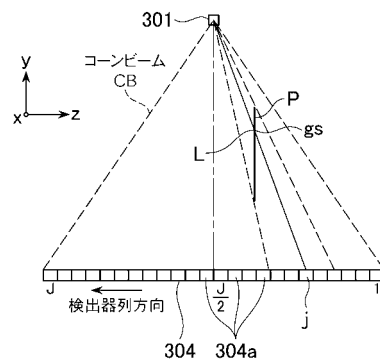
【図6】



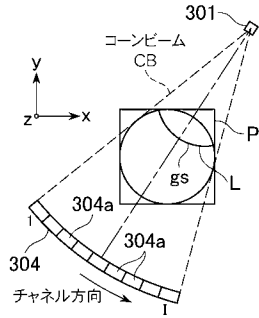
【図9】



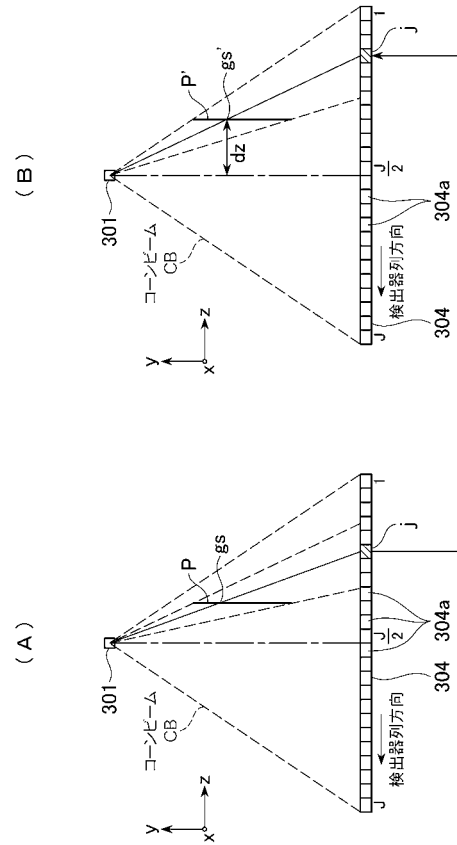
【図10】



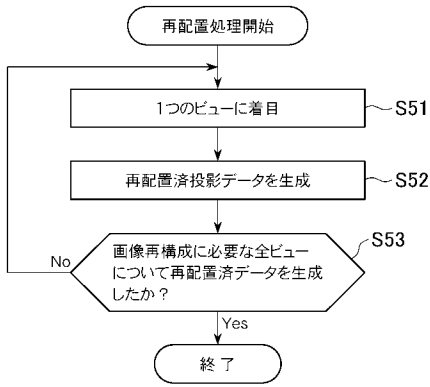
【図11】



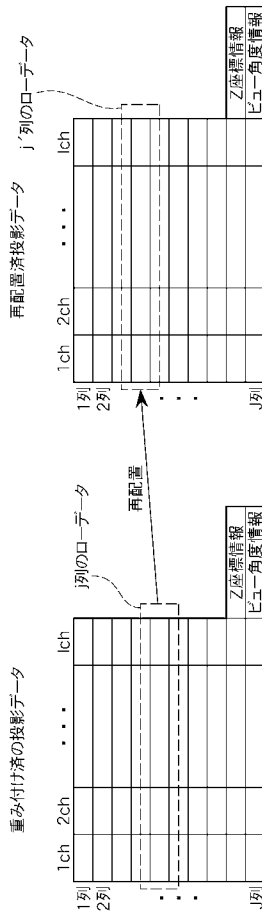
【図13】



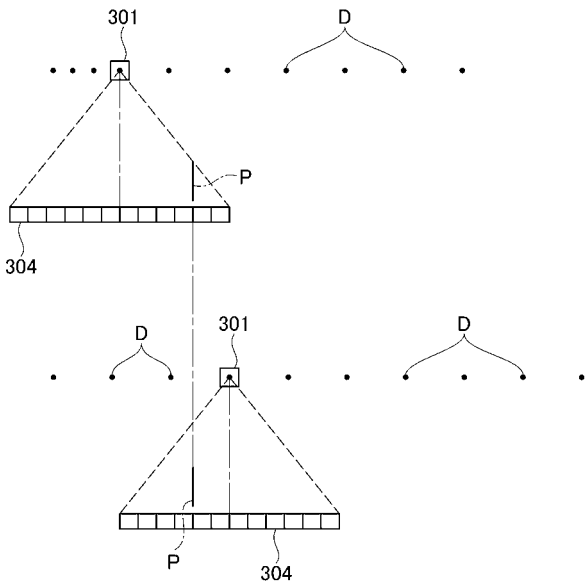
【図12】



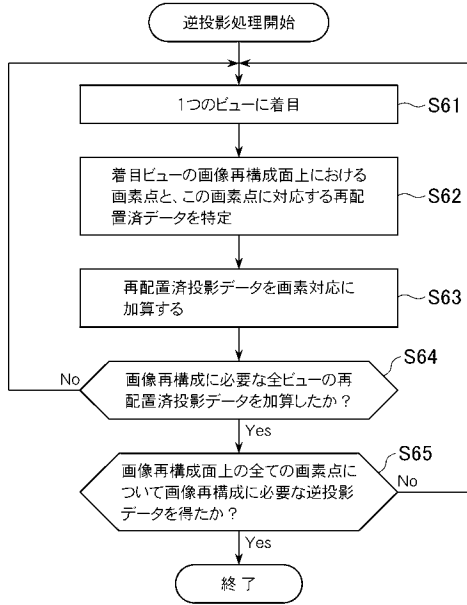
【図14】



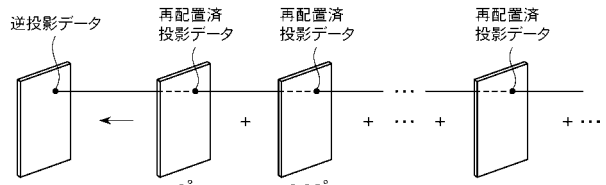
【図15】



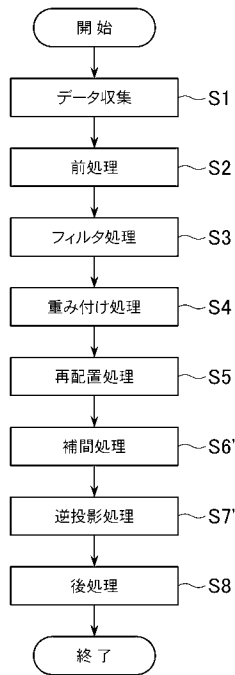
【図16】



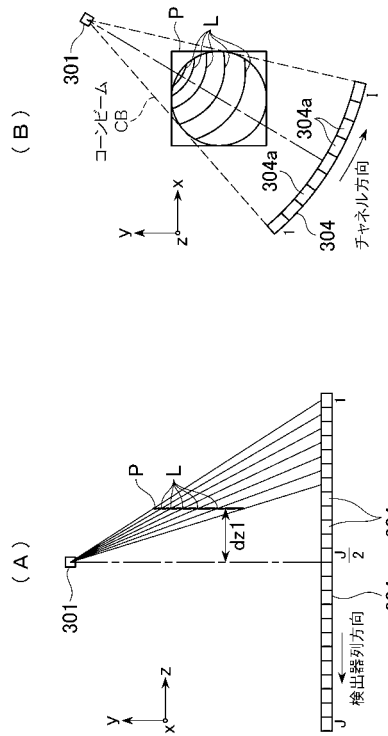
【図17】



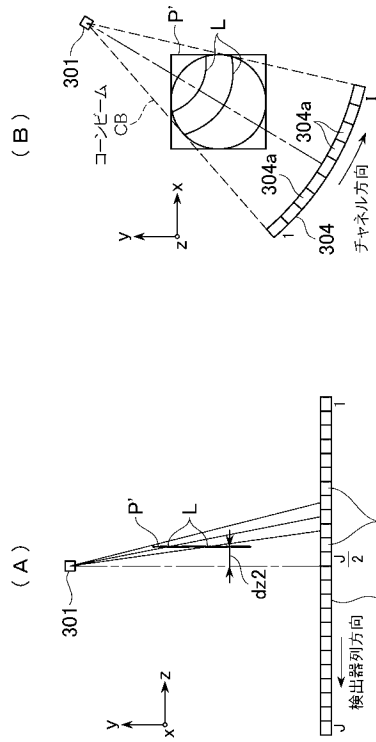
【図18】



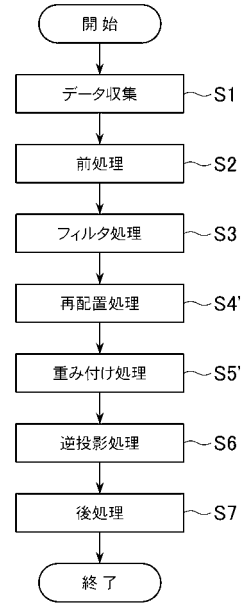
【図19】



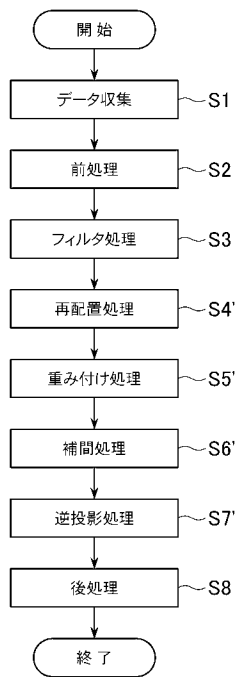
【図20】



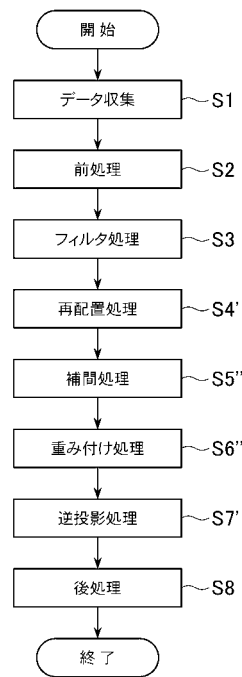
【図21】



【図22】



【図23】



フロントページの続き

(72)発明者 緒方 剛

東京都日野市旭が丘四丁目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 伊藤 昭治

(56)参考文献 特開2005-040582(JP,A)

特開2005-137389(JP,A)

特開2007-236662(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 6/00 - 6/14