

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5514450号
(P5514450)

(45) 発行日 平成26年6月4日(2014.6.4)

(24) 登録日 平成26年4月4日(2014.4.4)

(51) Int.CI.

A 61 B 6/03 (2006.01)

F 1

A 61 B 6/03 330 B

請求項の数 6 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2009-38996 (P2009-38996)
 (22) 出願日 平成21年2月23日 (2009.2.23)
 (65) 公開番号 特開2010-193940 (P2010-193940A)
 (43) 公開日 平成22年9月9日 (2010.9.9)
 審査請求日 平成24年2月14日 (2012.2.14)

(73) 特許権者 000153498
 株式会社日立メディコ
 東京都千代田区外神田四丁目14番1号
 (74) 代理人 100096091
 弁理士 井上 誠一
 (72) 発明者 後藤 大雅
 東京都千代田区外神田四丁目14番1号
 株式会社日立メディコ内
 (72) 発明者 廣川 浩一
 東京都千代田区外神田四丁目14番1号
 株式会社日立メディコ内
 (72) 発明者 菅谷 嘉晃
 東京都千代田区外神田四丁目14番1号
 株式会社日立メディコ内

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】

設定された撮影条件及び目標画質に基づいて、X線管に供給する管電流量を算出し、算出された管電流量及び前記撮影条件に基づいて、被検体のX線撮影を行うX線CT装置において、

前記管電流量が、予め定められた許容範囲を逸脱するか否かを判定する判定手段と、

前記判定手段によって前記許容範囲を逸脱すると判定された場合に、前記許容範囲内となるように管電流量を修正する管電流量修正手段と、

前記判定手段によって前記許容範囲を逸脱すると判定された場合に、前記目標画質を達成するための前記撮影条件の修正候補として各条件項目の修正後の値と、修正による影響の注意事項とを提示する修正候補提示手段と、

を備えることを特徴とするX線CT装置。

【請求項2】

前記修正による影響の注意事項として、空間分解能、体軸分解能、スキャン時間、及びモーションアーチファクトへの影響のうち少なくともいずれか一つについて、注意事項を提示する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】

前記修正候補提示手段によって提示された一つ以上の修正候補の中から選択された一つの撮影条件を、新たな撮影条件として設定するか、または、もとの撮影条件を維持するか、を選択するための選択手段、を更に備え、

前記選択手段によって選択された撮影条件及び前記目標画質に基づいて、X線管に供給する管電流を再度算出することを特徴とする請求項1または請求項2に記載のX線CT装置。

【請求項4】

前記管電流及び撮影条件に基づいて得られる画質指標値の変化曲線を算出し、表示する画質指標値表示手段と、

前記画質指標値表示手段によって表示された画質指標値の変化曲線上の任意の部位を指定する指定手段と、を更に備え、

前記修正候補提示手段は、

前記指定手段によって指定された部位における画質指標値を改善するための撮影条件の修正候補を提示することを特徴とする請求項1乃至請求項3のいずれかに記載のX線CT装置。 10

【請求項5】

前記修正候補提示手段は、前記撮影条件の各条件項目のうち、予め定められた優先順位の順に条件項目の修正値を提示することを特徴とする請求項1乃至請求項4のいずれかに記載のX線CT装置。

【請求項6】

撮影に関して重視する内容を選択するモード選択手段を更に備え、

前記修正候補提示手段は、前記撮影条件のうち、前記モード選択手段によって選択されたモードに応じた条件項目についての修正値を提示することを特徴とする請求項1乃至請求項5のいずれかに記載のX線CT装置。 20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、被検体に照射するX線量を最適化するX線CT装置に関する。

【背景技術】

【0002】

X線CT装置は、被検体の周囲からX線を照射し、被検体を透過したX線の強度に関する情報である透過X線データをX線検出器にて収集し、収集した透過X線データに基づいて、被検体内部の再構成画像を作成する装置である。 30

上述のX線CT装置では、再構成画像に要求される画質を達成しつつ、被検体における被曝量を低減させるために、一連の撮影中にX線管から照射するX線量を変調するX線量最適化技術が提案されている。

【0003】

例えば、特許文献1では、低雑音レベル及び良好なCNR(コントラスト-ノイズ比)を保持しつつ被曝量を低減するために、被検体の体格、減弱指數、及び所望の画像雑音特性を用いて適当な管電流値を算出したり、所望の雑音及びコントラスト特性と併用して適当な管電圧を決定したりするX線CT装置が開示されている。また、特許文献2では、スキヤノグラム投影データから被検体の3次元モデルを推定し、この3次元モデルと、被検体のサイズと、予め記憶されている標準撮像条件とから、撮影対象を識別可能とするCNRを算出し、このCNRを達成するための最適な管電流や管電圧を算出するX線CT装置が開示されている。 40

【0004】

また、特許文献3では、操作者により設定されたスライス厚、検査部位、及び検査目的に基づいて、再構成される断層像の目標画質レベル(画像SD)を選択可能とし、選択された目標画質レベルに基づいて算出された管電流により、X線照射量を制御するX線CT装置が開示されている。また、特許文献4では、操作者の利便性のために、照射X線量の最適化機能を使用した場合と、使用しない場合とで、着目部位に相当する箇所の画質がどのように相違するかを表示するX線CT装置も開示されている。

【先行技術文献】

10

20

30

40

50

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2004-073865号公報

【特許文献2】国際公開2007/138979号

【特許文献3】特開2003-033346号公報

【特許文献4】国際公開2007/032462号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

一方、一般的なX線CT装置では、安定して供給できる管電流の上限値及び下限値が定められている。そのため、被検体の体格によっては、最適化演算により求められた管電流が上限値を上回ってしまい、上限値に丸められたり、逆に下限値を下回ってしまい下限値に丸められたりする、といったクリッピングが生じてしまう。上限値によるクリッピングが生じた場合には、必要なX線量を照射できず、結果として目標として事前設定した画質指標値(SD値やCNR値)を達成できない。また、下限値によるクリッピングが生じた場合には、照射するX線量が過剰となり被曝量が増加してしまう。

10

【0007】

管電流のクリッピングが生じた場合には、画質への影響を抑えるために、撮影条件を変更しなければならないこともあるが、従来のX線CT装置では、どの条件をどの程度変更するかは、操作者の経験に委ねられ、不慣れな操作者にとっては困難なものであった。

20

【0008】

本発明は、以上の問題点に鑑みてなされたものであり、予め定められた管電流の許容範囲によるクリッピングが生じた際に、簡易な操作で撮影条件を変更可能なX線CT装置を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0009】

前述した目的を達成するために本発明は、設定された撮影条件及び目標画質に基づいて、X線管に供給する管電流を算出し、算出された管電流及び前記撮影条件に基づいて、被検体のX線撮影を行うX線CT装置において、前記管電流が、予め定められた許容範囲を逸脱するか否かを判定する判定手段と、前記判定手段によって前記許容範囲を逸脱すると判定された場合に、前記許容範囲内となるように管電流を修正する管電流修正手段と、前記判定手段によって前記許容範囲を逸脱すると判定された場合に、前記目標画質を達成するための前記撮影条件の修正候補として各条件項目の修正後の値と、修正による影響の注意事項とを提示する修正候補提示手段と、を備えることを特徴とするX線CT装置である。

30

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、予め定められた管電流の許容範囲によるクリッピングが生じた際に、簡易な操作で撮影条件を変更可能なX線CT装置を提供できる。

40

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】X線CT装置1の全体構成を示す外観図

【図2】X線CT装置1のハードウェアブロック図

【図3】システム制御装置401の実行する撮影条件設定処理の流れを示すフローチャート

【図4】撮影条件設定画面13

【図5】管電流変調曲線153の表示例

【図6】画質指標変化曲線173の表示例

【図7】画質指標変化曲線173における修正部位

【図8】撮影条件の修正候補20の提示例(例1)

50

【図9】撮影条件の修正候補21の提示例（例2）

【図10】撮影条件の修正優先度23の設定例

【図11】撮影条件の修正候補22の提示例（例1の修正候補20の「その他（詳細設定）」選択時）

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、添付図面を参照しながら、本発明の好適な実施形態について詳細に説明する。

【0013】

まず、図1～図2を参照して、本実施の形態のX線CT装置1の構成について説明する。

10

なお、本実施形態ではX線管が1つの場合について説明するが、本発明は多線源型のX線CT装置にも適用可能である。また、X線CT装置は、被検体全体をカバーするワイドファンビームを照射しつつX線管とX線検出器とが一体となり回転する回転・回転方式（Rotate-Rotate方式）、電子ビームを電気的に偏向させながらターゲット電極に当てる電子ビーム走査方式（Scanning Electron Beam方式）、その他の方式のものがあるが、本発明はいずれの方式のX線CT装置にも適用可能である。

【0014】

図1に示すように、X線CT装置1は、スキャナ2、寝台3、操作卓4、寝台3に設けられる天板5、表示装置7、及び操作装置8から構成される。X線CT装置1は、寝台3上の天板5に固定された被検体6をスキャナ2の開口部に搬入してスキャンすることにより、被検体6の透過X線データを取得する。

20

【0015】

スキャナ2は、図2に示すようにX線管201、X線管制御装置202、コリメータ203、コリメータ制御装置204、X線検出器205、データ収集装置206、回転板207、回転板駆動装置208、回転制御装置209、及び駆動伝達系210から構成される。

【0016】

X線管201はX線源であり、X線管制御装置202により制御されて被検体6に対してX線を連続的または断続的に照射する。X線管制御装置202は、操作卓4のシステム制御装置401により決定されたX線管電圧及びX線管電流に従って、X線管201に印加または供給するX線管電圧及びX線管電流を制御する。以下、X線管電流を、管電流と呼ぶ。

30

【0017】

コリメータ203は、X線管201から放射されたX線を、例えばコーンビーム（円錐形または角錐形ビーム）等のX線として被検体6に照射せるものであり、コリメータ制御装置204により制御される。被検体6を透過したX線はX線検出器205に入射する。

【0018】

X線検出器205は、例えばシンチレータとフォトダイオードの組み合わせによって構成されるX線検出素子群をチャネル方向（周回方向）に例えば1000個程度、列方向（体軸方向）に例えば1～320個程度配列したものであり、被検体6を介してX線管201に対向するように配置される。X線検出器205はX線管201から放射されて被検体6を透過したX線を検出し、検出した透過X線データをデータ収集装置206に出力する。

40

【0019】

データ収集装置206は、X線検出器205に接続され、X線検出器205の個々のX線検出素子により検出される透過X線データを収集し、画像再構成装置402に出力する。

【0020】

50

回転板 207 には、X線管 201、コリメータ 203、X線検出器 205、データ収集装置 206 が搭載される。回転板 207 は、回転制御装置 209 によって制御される回転板駆動装置 208 から、駆動伝達系 210 を通じて伝達される駆動力によって回転される。

【0021】

図2に示す寝台3は、天板5、寝台制御装置301、上下動装置302、及び天板駆動装置303から構成される。

寝台制御装置301は、上下動装置302を制御して寝台3の高さを適切なものにするとともに、天板駆動装置303を制御して天板5を体軸方向に前後動させる。これにより、被検体6がスキャナ2のX線照射空間に搬入及び搬出される。

10

【0022】

操作卓4は、表示装置7、操作装置8、システム制御装置401、画像再構成装置402、及び記憶装置404から構成される。操作卓4はスキャナ2及び寝台3に接続される。

【0023】

表示装置7は、液晶パネル、CRTモニタ等のディスプレイ装置と、ディスプレイ装置と連携して表示処理を実行するための論理回路で構成され、システム制御装置401に接続される。表示装置7は画像再構成装置402から出力される再構成画像やスキャノグラム画像、並びにシステム制御装置401が取り扱う種々の情報を表示するものである。

【0024】

操作装置8は、例えば、キーボード、マウス、テンキー等の入力装置、及び各種スイッチボタン等により構成され、操作者によって入力される各種の指示や情報をシステム制御装置401に出力する。操作者は、表示装置7及び操作装置8を使用して対話的にX線CT装置1を操作する。例えば、操作装置8は画像再構成装置402によって得られるスキャノグラム画像を基に、画質指標値（例えば、画像SD値やコントラスト・ノイズ比等）の目標値の入力操作や、各種撮影条件（管電圧、画像スライス厚、コリメーション厚、スキャン速度、らせんピッチ（寝台移動速度）、再構成フィルタ、画像フィルタ、画像FOV（Field of View）等）の入力操作等を受け付ける。

20

【0025】

システム制御装置401は、CPU(Central Processing Unit)、ROM(Read Only Memory)、RAM(Random Access Memory)等により構成される。システム制御装置401は、スキャナ2内のX線管制御装置202、コリメータ制御装置204、データ収集装置206、X線検出器205、及び回転制御装置209を制御し、また、寝台3内の寝台制御装置301を制御するものである。

30

【0026】

また、システム制御装置401は、X線CT装置1における撮影開始時に、後述する撮影条件設定処理（図3参照）を実行する。撮影条件設定処理において、システム制御装置401は、操作者から入力された撮影条件、及び目標画質等に基づいて、一連のスキャンにてX線管201に供給する管電流の経時的な変化曲線である管電流変調曲線153（管電流量）を算出する（図3、図5参照）。また、その管電流変調曲線153にて撮影を行った際に得られる画質指標値の変化曲線173を算出する（図6参照）。更に、システム制御装置401は、管電流のクリッピング（許容範囲からの逸脱）による画質劣化部位等があるか否かを判定し、画質劣化部位がある場合には、撮影条件の修正候補を提示する。

40

【0027】

画像再構成装置402は、システム制御装置401の制御によってスキャナ2内のデータ収集装置206が収集した透過X線データを取得する。スキャノグラム撮影時には、データ収集装置206が収集したスキャノグラム投影データを用いてスキャノグラム画像を作成する。また、スキャン時には、データ収集装置206が収集した複数ビューの透過X線データを用いて断層像を再構成する。

50

【0028】

記憶装置404は、ハードディスク等により構成されるものであり、システム制御装置401に接続される。記憶装置404には、データ収集装置206が収集したスキャノグラム投影データやスキャノグラム画像、操作装置8から入力される撮影条件、目標画質指標値等が記憶される。また、これらの各種データの他、画像再構成装置402が生成する断層像やX線CT装置1の機能を実現するためのプログラム等を記憶する。また、記憶装置404は、撮影条件設定処理において、撮影条件の修正候補を提示する際に参照される、撮影条件の各条件項目の修正優先順位や、モード別の修正優先順位等を予め記憶している。

【0029】

次に、図3のフローチャート、及び図4～図11を参照して、X線CT装置1の動作について説明する。

【0030】

本実施の形態のX線CT装置1のシステム制御装置401は、被検体6の撮影を開始する際に、図3に示す撮影条件設定処理を実行する。すなわち、システム制御装置401は、記憶装置404から撮影条件設定処理に関するプログラム及びデータを読み出し、このプログラム及びデータに基づいて撮影条件設定処理を実行する。

【0031】

図3の撮影条件設定処理において、まずシステム制御装置401は、被検体6のスキャノグラム撮影を行い、スキャノグラム投影データを取得する（ステップS101）。システム制御装置401は取得したスキャノグラム投影データを画像再構成装置402に送出する。画像再構成装置402は、スキャノグラム投影データに基づいてスキャノグラム画像11を作成し、記憶装置404に記憶するとともに表示装置7に表示する。

【0032】

次にシステム制御装置401は、表示装置7に撮影条件、及び目標画質を入力するための撮影条件入力枠13を表示させ、操作者からの、撮影条件及び目標画質の入力を受け付ける。操作者は、表示されているスキャノグラム画像11に基づいて、操作装置8を用いて撮影条件及び目標画質を入力する（ステップS102）。

【0033】

ここで、撮影条件には、具体的には体軸方向撮影範囲（z位置の範囲）や、コリメーション厚、らせんピッチ、スキャン速度、画像スライス厚、管電圧等のスキャナや寝台についての条件項目や、画像FOV、再構成フィルタといった画像生成に関する条件項目等が含まれる。

【0034】

ステップS101で撮影・生成されたスキャノグラム画像11、及びステップS102において表示される撮影条件入力枠13は、例えば図4のように表示される。

操作者は、図4に示すスキャノグラム画像11内の所望の位置11a, 11bを、マウス等の操作装置8を用いてクリックすることにより、撮影範囲を入力し、また、撮影条件入力枠13の各条件項目に、所望の数値を入力することにより、撮影条件を入力する。

【0035】

また、操作者は、操作装置8を用いて、所望の画質指標値の目標値を入力する。画質指標値としては、例えば画像SD（Standard Deviation）値、CNR（コントラスト・ノイズ比）、所定のCNR下での識別可能径（識別可能な異常陰影の半径）、またはSNR（シグナル・ノイズ比）等が用いられる。以下の説明では、一例として画像SD値を画質指標値として用いることとする。

【0036】

システム制御装置401は、入力された撮影条件および目標画質に基づいて、管電流変調曲線153を算出する（ステップS103；図5参照）。

管電流変調曲線153の算出において、システム制御装置401は、例えば、スキャノグラム投影データの各体軸方向位置における投影位置分布（例えば、投影値最大高さ、投

10

20

30

40

50

影値面積等)から被検体の人体近似モデル(横円近似モデル、修正横円近似モデル等)を生成し、これを基に管電圧、再構成フィルタ、画像スライス厚等の各種撮影条件を考慮して、目標画質を達成するように管電流変調曲線 153 を作成する。管電流変調曲線 153 の算出についての詳細は、上述の特許文献 1~4 等の公知の手法を用いればよいので説明を省略する。

【0037】

図 5 の点線 11a, 11b は、ステップ S102 にて設定された撮影範囲であり、この点線 11a, 11b に示す体軸方向範囲の対応する管電流変調曲線 153 が算出される。図 5 において、151 は管電流の下限値、152 は管電流の上限値、153 は管電流変化曲線、154 は上限値によるクリッピング部位、155 は下限値によるクリッピング部位を示す。
10

【0038】

システム制御装置 401 は、算出した管電流変調曲線 153 が、下限値 151 または上限値 152 によって決定された許容範囲を超えている場合には、下限値 151、上限値 152 に丸めた値に修正し、管電流変調曲線 153 を作成する。ここで、管電流の上限値 152、下限値 151 は、管電流を安定して正確に出力できる範囲であり、X 線 CT 装置 1 の高電圧発生装置等の性能に依存して決定される値、或いは、操作者の操作により決定される値である。

【0039】

次に、システム制御装置 401 は、算出された管電流変調曲線 153、及び入力された撮影条件に基づいて、スキャンを行った際に得られると推定される画質指標の変化曲線 173 を算出し、スキャノグラム画像 11 と並べて表示する(ステップ S104; 図 6 参照)。このとき、管電流にクリッピングが生じている部位 154、155、すなわち、管電流が許容範囲を逸脱している部位を、色付けするなど、特徴付けて表示するようにしてもよい。
20

【0040】

ステップ S104 の処理によって、図 6 のスキャノグラム画像 11 の点線 11a, 11b に示す体軸方向範囲に対応する画質指標変化曲線 173 が算出される。図 6 において、170 は目標画質指標値、171 は画質指標値の許容範囲の下限値、172 は画質指標値の許容範囲の上限値、173 は画質指標変化曲線であり、A、B は、画質指標値が許容範囲を逸脱した部位である。
30

【0041】

図 6 の例では、画質指標値として画像 SD 値を用いている。画像 SD 値はノイズが多いほど高い値をとる。良好な視認性を得るためにには、画像 SD 値が低いことが望ましい。図 6 の例では、管電流量がその上限値によってクリッピングしている部位 A で、画質が劣化していることが分かる。

【0042】

次に、システム制御装置 401 は、画質指標変化曲線 173 を解析して、管電流のクリッピングや、画質指標変化曲線 173 に目標画質を達成していない箇所があるか否かを判定する。すなわち、画質指標許容値の範囲内に画質指標変化曲線 173 が入っているか否かを判定し、画質指標許容値を満たさない部位、すなわち、管電流が許容範囲を逸脱してクリッピングが生じている部位がある場合には、ステップ S106 へ移行する。また、クリッピングが生じていない部位がない場合には(ステップ S105; クリッピングなし)、ステップ S107 へ移行する。
40

【0043】

ここで、図 7 に示すように画質指標変化曲線 173 の許容範囲を逸脱している部位 A または B を、操作者のマウス操作等により指定できるようにしてもよい。

【0044】

目標画質を達成していない部位がある場合(ステップ S105; クリッピングあり)または、操作者のマウス操作等により画質指標変化曲線 173 の一部が指定された場合には
50

、ステップ S 106 に移行する。ステップ S 106 において、システム制御装置 401 は、撮影条件の修正候補（条件項目とその条件項目の修正値）を算出、提示する。

【0045】

以下の説明では、画質指標変化曲線 173 の部位 A がマウス等の操作によって選択されるものとする。

【0046】

ステップ S 106 における修正候補の提示の第 1 の例としては、図 8 に示す修正候補 20 のように、各条件項目の修正値及び修正による影響の注意事項をリスト表示する。

具体的には、図 8 の修正候補 20 では、条件項目「画像スライス厚」は、現在値「0.625」と、修正値「1.25」とが提示されるとともに、注意事項として「体軸分解能劣化」が提示される。同様に、条件項目「スキャン速度」は、現在値「0.35」と、修正値「0.5」とが提示されるとともに、注意事項として「スキャン時間延長・モーションアーチファクト増」が提示される。

10

【0047】

操作者は、図 8 に示すような修正候補 20 を参照することにより、画像スライス厚を 0.625 mm から 1.25 mm へ厚くすると、体軸分解能が劣化するといった影響が生じ、またスキャン時間を 0.35 秒から 0.5 秒へ修正する場合には、被検体の動きによるアーチファクトが増加するといった影響が生じることが把握できる。例えば、腹部の撮影では、腸管の蠕動運動によるアーチファクトが生じやすいため、スキャン時間よりもスライス厚を修正する方がよいという判断をしやすくなる。

20

【0048】

同様に、「コリメーション厚」、「再構成フィルタ」、「らせんピッチ」等の各条件項目について、現在値、修正値、注意事項が提示される。

修正値の算出については、後述する。

【0049】

また、図 8 には、「その他（詳細設定）」として、操作者が任意の条件項目の修正値をマニュアル設定するための項目が含まれる。マニュアル設定の詳細は、後述する。

【0050】

なお、修正候補 20 を表示する際、全ての条件項目について表示する必要はなく、ひとつまたは複数の条件項目についてのみ選択的に表示してもよい。その場合、表示された条件項目以外の条件項目については、操作者の指定操作に応じて修正候補を提示するようにしてもよい。

30

【0051】

また、修正候補 20 を表示する際、複数を同時に変更するような修正候補を提示するようにしてもよい。例えば、時間分解能に関連するスキャン速度と、空間分解能に関連する画像スライス厚と、を双方変更することで、どちらか一方の大きな劣化を避けることができる。また、アキシャル面内の空間分解能に関連する再構成フィルタとスライス方向（体軸方向）の空間分解能に関連する画像スライス厚とを、双方変更することで、空間分解能以外の劣化を避けることができる。

【0052】

40

操作者の操作により、図 8 に示す修正候補 20 から所望の条件項目が設定されるよう選択されると（ステップ S 107； Yes）、ステップ S 102 に戻り、システム制御装置 401 は、修正された値を撮影条件に再設定し、管電流変調曲線 153、画質指標変化曲線 173 を再度算出する。

【0053】

また、修正候補の提示の第 2 の例としては、図 9 に示す修正候補 21 のように、例えば、「画質重視モード」、「撮影時間重視モード」、「バランス設定モード」等のように、撮影において重視する内容を選択可能に設定しておき、選択されたモードに応じた条件項目を修正して提示する。

【0054】

50

ここで、図10に示すように、撮影条件の各条件項目の修正優先度23がモード別に予め設定されている。

図10に示す例では、「標準優先度」では、「コリメーション厚」が優先度「1」、「らせんピッチ」が優先度「2」、「スキャン速度」が優先度「3」、「画像スライス厚」が優先度「4」、「管電圧」が優先度「5」、「再構成フィルタ」が優先度「6」に設定されている。

【0055】

また、「画質重視モード」では、「らせんピッチ」が優先度「1」、「画像スライス厚」が優先度「2」、「コリメーション厚」が優先度「3」、「スキャン速度」が優先度「4」に設定されている。同様に、「撮影時間重視モード」では、「画像スライス厚」が優先度「1」、「コリメーション厚」が優先度「2」、「再構成フィルタ」が優先度「3」、「管電圧」が優先度「4」に設定され、「バランス設定モード」では、「画像スライス厚」が優先度「1」、「コリメーション厚」が優先度「2」、「らせんピッチ」が優先度「3」、「スキャン速度」が優先度「4」に設定されている。10

【0056】

これらのモード設定は、いずれかのモードがデフォルトで設定されるようにしてもよいし、操作者の選択操作により予め設定されるようにしてもよい。

【0057】

なお、これらの優先順位に基づき、複数の条件項目について撮影条件の修正を行う場合には、まず優先度「1」の条件に基づいて、修正候補を提示した後、操作者により提示した内容に修正する旨の操作が行われると(ステップS107; Yes)、ステップS102に戻り、修正された条件項目の撮影条件が提示された修正値に修正される。その後、再度、システム制御装置401は、管電流変調曲線153、画質指標変化曲線173を算出し、画質指標変化曲線173の解析を行う(ステップS103～ステップS105)。20

【0058】

この段階で、まだクリッピングがある場合には、優先度「2」の条件項目について、修正値を算出、表示する。

【0059】

また、修正候補の提示の第3の例としては、図11に示す修正候補22のように、操作者が条件項目を選択して、撮影条件の各条件項目を入力するようにしてもよい。30

【0060】

例えば、図8に示す修正候補20内の「その他(詳細設定)」が選択された場合に(ステップS107;「その他」を選択)、図11に示すような修正値入力枠22を表示して、操作者の選択した条件項目について所望の修正値を入力するようにしてもよい。

図11の例では、「らせんピッチ」と「画像スライス厚」が選択され、修正値の入力枠にそれぞれ「13.0」、「1.00」といった修正値が入力されている。

【0061】

次に、撮影条件の各項目の修正値の算出について、説明する。

まず、システム制御装置401は、管電流変調曲線においてクリッピングが生じている箇所について、クリッピングが生じなかった場合の管電流、すなわち算出された必要な管電流m A_nと、クリッピングにより制限された管電流m A_cとの比m A_rを算出する。比m A_rは、以下の式(1)によって算出され、修正比と呼ぶこととする。40

【0062】

$$m A_r = m A_n / m A_c \quad \dots (1)$$

【0063】

撮影条件の各項目の修正値は、式(1)により算出された修正比m A_rを、各条件項目の設定値に乘じることにより算出される。

【0064】

例えば、画像スライス厚を修正する場合には、以下の式(2)に示すように、修正比m A_rを修正前の画像スライス厚i th_bに乘することにより、修正後の画像スライス50

厚 $i t h_a$ を算出する。

【0065】

$$i t h_a = i t h_b * m A_r \dots (2)$$

【0066】

同様に、スキャン速度を修正する場合には、以下の式(3)に示すように、修正比 $m A_r$ を修正前のスキャン速度 $s t_b$ に乗することにより、修正後のスキャン速度 $s t_a$ を算出する。

【0067】

$$s t_a = s t_b * m A_r \dots (3)$$

【0068】

同様に、コリメーション厚を修正する場合には、以下の式(4)に示すように、修正比 $m A_r$ を修正前のコリメーション厚 $c t h_b$ に乗することにより、修正後のコリメーション厚 $c t h_a$ を算出する。

【0069】

$$c t h_a = c t h_b * m A_r \dots (4)$$

【0070】

同様に、らせんピッチを修正する場合には、以下の式(5)に示すように、修正比 $m A_r$ を修正前のらせんピッチ $h p_b$ に乗ることにより、修正後のらせんピッチ $h p_a$ を算出する。

【0071】

$$h p_a = h p_b * m A_r \dots (5)$$

【0072】

また、再構成フィルタを修正する場合には、設定可能な再構成フィルタ毎の基準 SD 値を予め求めておき、現在設定している再構成フィルタの基準 SD 値と修正後の再構成フィルタの基準 SD 値との比の 2 乗が、修正比 $m A_r$ を超えるようなものを、修正後の再構成フィルタとして決定することができる。

【0073】

ここで、基準 SD 値とは、基準撮影条件において基準ファントムを撮影した際に、各再構成フィルタを用いて再構成して得られた画像中央部の画像 SD 値である。基準撮影条件は、例えば、管電圧 120 kV、スキャン速度 1.0 s / 回転、管電流 200 mA、画像スライス厚 2.5 mm、コリメーション厚 2.5 mm、らせんピッチ 15.0、画像 FOV 250 mm とし、基準ファントムとして、例えば 240 の水ファントムを用いるようにすればよい。

【0074】

同様に、管電圧を修正する場合には、例えば、設定可能な管電圧毎に基準 SD 値を予め求めておき、現在設定している管電圧の基準 SD 値と修正後の管電圧の基準 SD 値との比の 2 乗が修正比 $m A_r$ を超えるような管電圧を修正後の管電圧として決定することができる。

【0075】

この場合の基準 SD 値とは、基準撮影条件として、例えば、スキャン速度 1.0 s / 回転、管電流 200 mA、画像スライス厚 2.5 mm、コリメーション厚 2.5 mm、再構成フィルタ F34、らせんピッチ 15.0、画像 FOV 250 mm とし、設定可能な各管電圧において、例えば 240 の水ファントムのような基準ファントムを撮影して得られた再構成画像の中央部の画像 SD 値を示すものとすればよい。

【0076】

撮影条件の修正を行わない場合、或いは修正された撮影条件による画質指標変化曲線 173 を確認し、それ以上の修正を行わない場合(ステップ S107; No)は、システム制御装置 401 は、設定された撮影条件及び目標画質に基づき算出された管電流変調曲線 153 により、被検体 6 の本撮影処理を実行する(ステップ S108)。

【0077】

10

20

30

40

50

以上説明したように、本実施の形態のX線CT装置において、システム制御装置401は、操作者により設定される撮影条件及び目標画質に基づいて、X線管201に供給する管電流変調曲線153を算出し、算出した管電流変調曲線153から画質指標変化曲線173を算出して表示する。また、システム制御装置401は、画質指標変化曲線173を解析し、管電流のクリッピングがあるか、或いは、目標画質の許容範囲を逸脱した部位があるか否かを判定する。管電流のクリッピングや目標画質の許容範囲を逸脱した部位がある場合には、システム制御装置401は、目標画質を達成するための、撮影条件の修正候補を算出して、提示する。

【0078】

したがって、操作者が設定した撮影条件及び目標画質から算出した管電流量が許容範囲を超えている場合にも、撮影条件の修正候補が提示されるので、操作者は撮影条件の設定操作を容易かつ迅速に行なうことが可能となる。また、撮影前に画質指標変化曲線173を参照することで、画質を事前に確認することが可能である。

【0079】

また、提示された修正候補の中から撮影条件を選択して新たな撮影条件としたり、或いは、もとの撮影条件を維持することも選択できるので、個々の撮影に対応した柔軟な操作を実現できる。

また、画質指標変化曲線173の任意の部位を指定して、その部位における撮影条件の修正候補を提示できるので、単に着目部位の位置を把握するために撮影範囲に加えられたような関心の低い部位について、あえて撮影条件を変更せずに、着目する部位のみについて、画質を向上でき、撮影の質を向上させることができる。

【0080】

さらに、撮影条件の各条件項目のうち、修正する条件項目の優先順位が予め決定されているため、複数の条件項目を修正する場合にも、的確に修正値を算出できる。また、撮影に関して重視する内容をモード選択できるので、検査内容に応じた、より柔軟な撮影条件の設定が可能となる。

【0081】

以上、本発明に係るX線CT装置の好適な実施形態について説明したが、本発明は、上述の実施形態に限定されるものではない。例えば、上述の実施の形態では、ガントリータイプのX線CT装置について説明したがCアーム型のX線CT装置でもよい。また、上述の実施の形態における修正候補の提示例、修正値の例は一例であり、検査内容や撮影内容に応じて、他の修正値を提示してもよい。同様に、優先順位の与え方や、モードの内容、各モードにおける優先順位の与え方等も、必要に応じて適宜変更可能である。また、当業者であれば、本願で開示した技術的思想の範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、それらについても当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

【符号の説明】

【0082】

- 1 · · · · X線CT装置
- 2 · · · · スキャナ
- 3 · · · · 寝台
- 4 · · · · 操作卓
- 5 · · · · 天板
- 6 · · · · 被検体
- 7 · · · · 表示装置
- 8 · · · · 操作装置
- 201 · · · X線管(X線源)
- 205 · · · X線検出器
- 401 · · · システム制御装置
- 402 · · · 画像再構成装置

10

20

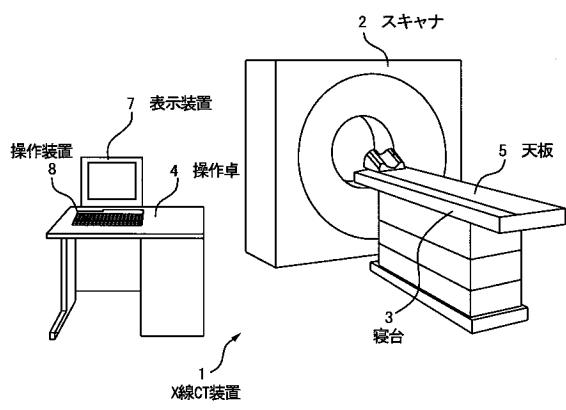
30

40

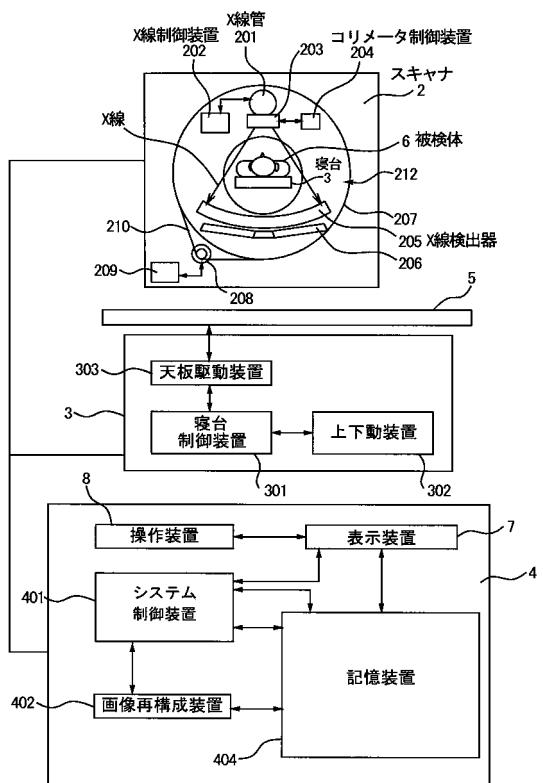
50

4 0 4	記憶装置	
1 1	スキャノグラム画像	
1 5 1	管電流の上限値	
1 5 2	管電流の下限値	
1 5 3	管電流変調曲線	
1 5 4、1 5 5	管電流のクリッピング部位	
1 7	画質指標変化曲線の表示枠	
1 7 0	目標画質	
1 7 1	画質指標値の上限値	10
1 7 2	画質指標値の下限値	
1 7 3	画質指標変化曲線	
2 0	修正候補リスト(第1の例)	
2 1	修正候補リスト(第2の例)	
2 2	修正値入力枠	
2 3	モード別修正優先度の設定例	

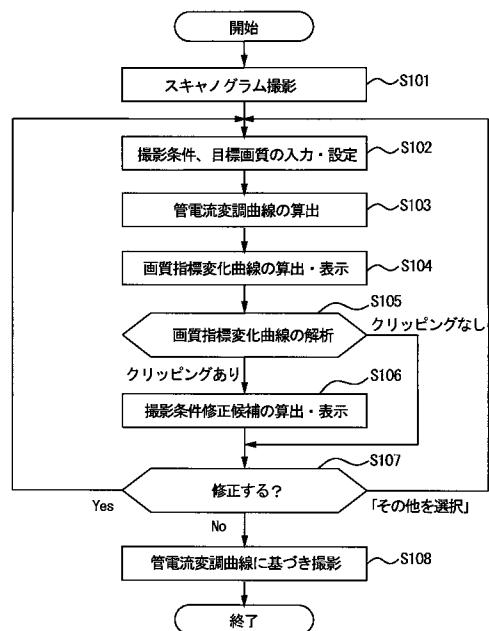
【図1】



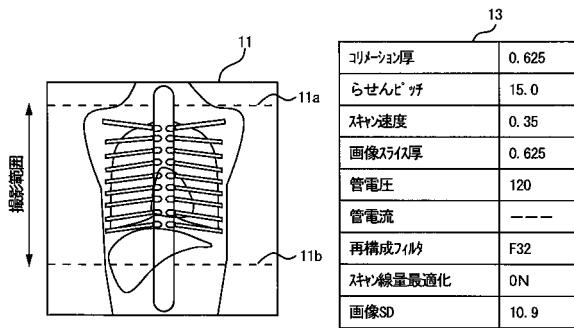
【図2】



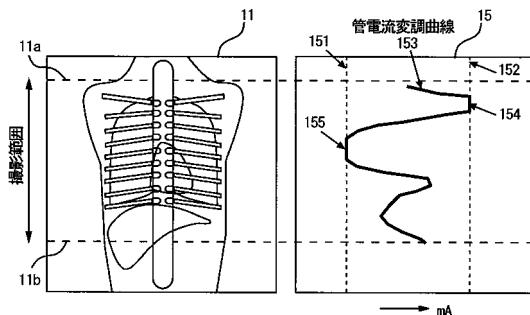
【図3】



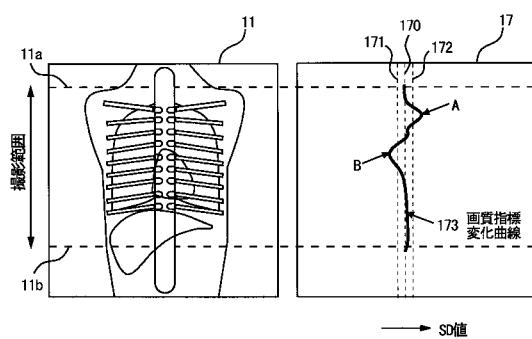
【図4】



【図5】



【図6】

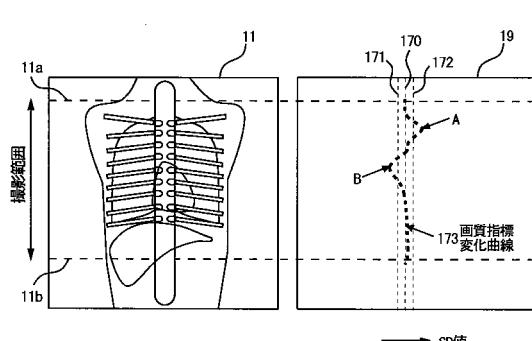


【図8】

<撮影条件の修正候補リスト (A選択時) >

	現在値	修正値	注意事項
コリメーション厚	0.625	→ 1.25	・空間分解能劣化
画像スライス厚	0.625	→ 1.25	・体軸分解能劣化
再構成フィル	F32	→ F31	・空間分解能劣化
らせんピッチ	15.0	→ 13.0	・スキャン時間延長
スキャン速度	0.35	→ 0.5	・スキャン時間延長 ・モーションファクト増
その他 (詳細設定)			

【図7】



【図9】

撮影条件	設定値	画質重視モード	撮影時間重視モード	バランス設定モード
コリメーション厚	0.625		1.25	
らせんピッチ	15.0	9.0		13.0
スキャン速度	0.35			0.5
画像スライス厚	0.625		1.25	1.00
管電圧	120			
管電流	---			
再構成フィル	F32			
スキャン線量最適化	ON			
画像SD	10.9			

【図10】

<撮影条件の修正優先度の設定>

撮影条件	標準優先度	画質重視モード	撮影時間重視モード	バランス設定モード
コリメーション厚	1	3	2	2
らせんピッチ	2	1	—	3
スキャン速度	3	4	—	4
画像スライス厚	4	2	1	1
管電圧	5	—	4	—
再構成フィルタ	6	—	3	—

23

【図11】

撮影条件	設定値	修正値
コリメーション厚	0.625	
らせんピッチ	15.0	13.0
スキャン速度	0.35	
画像スライス厚	0.625	1.00
管電圧	120	
管電流	—	
再構成フィルタ	F32	
スキャン線量最適化	ON	
画像SD	10.9	

22

フロントページの続き

審査官 伊藤 昭治

(56)参考文献 特開2006-055635(JP,A)
特開2007-325853(JP,A)
特開2004-329661(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A 61 B 6 / 00 - 6 / 14