

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7595461号
(P7595461)

(45)発行日 令和6年12月6日(2024.12.6)

(24)登録日 令和6年11月28日(2024.11.28)

(51)国際特許分類		F I			
A 6 1 B	6/03 (2006.01)	A 6 1 B	6/03	5 6 0 T	
A 6 1 B	6/00 (2024.01)	A 6 1 B	6/03	5 6 0 G	
		A 6 1 B	6/00	5 9 0 B	

請求項の数 19 (全20頁)

(21)出願番号	特願2020-555443(P2020-555443)	(73)特許権者	507021757
(86)(22)出願日	平成31年4月8日(2019.4.8)		バイエル・ヘルスケア・エルエルシー
(65)公表番号	特表2021-520895(P2021-520895 A)		Bayer HealthCare LLC
(43)公表日	令和3年8月26日(2021.8.26)		アメリカ合衆国、ニュージャージー 07981-0915、ホイッパニー、バイエル・ブルバード100
(86)国際出願番号	PCT/US2019/026280	(74)代理人	100108453
(87)国際公開番号	WO2019/199644		弁理士 村山 靖彦
(87)国際公開日	令和1年10月17日(2019.10.17)	(74)代理人	100110364
審査請求日	令和4年3月23日(2022.3.23)		弁理士 実広 信哉
審査番号	不服2023-18051(P2023-18051/J1)	(74)代理人	100133400
審査請求日	令和5年10月25日(2023.10.25)		弁理士 阿部 達彦
(31)優先権主張番号	62/655,373	(72)発明者	デイヴィッド・グリフィス
(32)優先日	平成30年4月10日(2018.4.10)		アメリカ合衆国・ペンシルベニア・15208・ピッツバーグ・カートランド・
(33)優先権主張国・地域又は機関			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ユーザ定義の体積による柔軟な線量推定

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

システムであって、

撮像システムと通信する線量シミュレータを含み、前記線量シミュレータは、ユーザインターフェース、プロセッサ、およびプログラミング命令を含む非一時的記憶媒体を含み、前記プログラミング命令は、実行された場合に、前記プロセッサが、前記線量シミュレータに、

患者に関する患者情報を受け取らせ、前記患者情報は、前記患者の1つまたは複数の身体的特徴に関する情報を含み、

前記線量シミュレータに、スキャンデータを受け取らせ、前記スキャンデータは、前記撮像システムによる前記患者の撮像スキャン中に生成され、前記撮像スキャンは、前記患者の一部の部分的撮像スキャンであり、前記スキャンデータは、前記患者の前記一部をカバーする部分的スキャンデータを表し、

前記線量シミュレータに、前記スキャンデータを使用して、前記スキャンデータが利用できる患者の複数のボクセルの各々に材質または組織タイプを割り当てさせ、および、前記患者情報を使用して、スキャンデータが利用できない患者の複数のボクセルの各々に対する材質または組織タイプを推定させることで、

前記患者の全身の仮想線量モデルを作成させ、

前記患者の関心領域の選択を受け取らせ、

前記患者の全身の仮想線量モデルにおいて、モンテカルロシミュレーション技術を使用

10

20

した線量シミュレーションを実行させ、

前記線量シミュレーションの結果に基づいて、前記関心領域内で受ける放射線量の推定値を決定させる、ことを可能にする、システム。

【請求項 2】

前記プログラミング命令は、実行された場合に、前記プロセッサが、前記関心領域内で受ける前記放射線量の推定値を、前記線量シミュレータに接続された表示画面上で視覚的に知覚可能な形で提示することをさらに可能にする、請求項1に記載のシステム。

【請求項 3】

前記患者情報は、前記患者の身長、体のサイズ、体重、および体型のうちの少なくとも1つを含む、請求項1に記載のシステム。

【請求項 4】

周辺装置をさらに含み、前記患者情報の少なくとも一部は前記周辺装置から受け取られる、請求項1に記載のシステム。

【請求項 5】

前記周辺装置は、ボディースキャナ、カメラ、体重計、および造影剤注入器からなる群から選択される、請求項4に記載のシステム。

【請求項 6】

前記撮像システムはコンピュータ断層撮影システムであり、前記撮像スキャンはコンピュータ断層撮影スキャンである、請求項1に記載のシステム。

【請求項 7】

撮像システムによって実行される撮像スキャン中に患者が受ける放射線量の推定値を提供するために非一時的記憶媒体に記憶された線量シミュレータソフトウェアであって、前記線量シミュレータソフトウェアはプログラミング命令を含み、前記プログラミング命令は、実行された場合に、プロセッサが、線量シミュレータに、

患者に関する患者情報を受け取らせ、前記患者情報は、前記患者の1つまたは複数の身体的特徴に関する情報を含み、

前記線量シミュレータに、スキャンデータを受け取らせ、前記スキャンデータは、前記撮像システムによる前記患者の撮像スキャン中に生成され、前記撮像スキャンは、前記患者の一部の部分的撮像スキャンであり、前記スキャンデータは、前記患者の前記一部をカバーする部分的スキャンデータを表し、

前記線量シミュレータに、前記スキャンデータを使用して、前記スキャンデータが利用できる患者の複数のボクセルの各々に材質または組織タイプを割り当てさせ、および、前記患者情報を使用して、スキャンデータが利用できない患者の複数のボクセルの各々に対する材質または組織タイプを推定させることで、

前記患者の全身の仮想線量モデルを作成させ、

前記患者の関心領域の選択を受け取らせ、

前記患者の全身の仮想線量モデルにおいて、モンテカルロシミュレーション技術を使用した線量シミュレーションを実行させ、

前記線量シミュレーションの結果に基づいて、前記関心領域内で受ける前記放射線量の推定値を決定させる、ことを可能にする、線量シミュレータソフトウェア。

【請求項 8】

前記プログラミング命令は、実行された場合に、前記プロセッサが、前記関心領域内で受ける前記放射線量の推定値を、前記線量シミュレータに接続された表示画面上で視覚的に知覚可能な形で提示することをさらに可能にする、請求項7に記載の線量シミュレータソフトウェア。

【請求項 9】

前記患者情報は、前記患者の身長、体のサイズ、体重、および体型のうちの少なくとも1つを含む、請求項7に記載の線量シミュレータソフトウェア。

【請求項 10】

前記患者情報の少なくとも一部は周辺装置から受け取られる、請求項7に記載の線量シ

10

20

30

40

50

ミュレータソフトウェア。

【請求項 1 1】

前記周辺装置は、ボディースキャナ、カメラ、体重計、および造影剤注入器からなる群から選択され、前記患者情報は組織または材質タイプを推定するために使用される、請求項 10 に記載の線量シミュレータソフトウェア。

【請求項 1 2】

前記撮像システムはコンピュータ断層撮影システムであり、前記撮像スキャンはコンピュータ断層撮影スキャンである、請求項 7 に記載の線量シミュレータソフトウェア。

【請求項 1 3】

撮像システムによって実行される撮像スキャン中に患者が受ける放射線量の推定値を提供する方法であって、

10

前記患者に関する患者情報を受け取るステップであって、前記患者情報は前記患者の 1 つまたは複数の身体的特徴に関する情報を含む、ステップと、

スキャンデータを受け取るステップであって、前記スキャンデータは、前記撮像システムによる前記患者の前記撮像スキャン中に生成され、前記撮像スキャンは、前記患者の一部の部分的撮像スキャンであり、前記スキャンデータは、前記患者の前記一部をカバーする部分的スキャンデータを表す、ステップと、

前記患者情報および前記部分的スキャンデータに基づいて、前記患者の全身の仮想線量モデルを作成するステップであって、前記患者の全身の仮想線量モデルを作成することが、

(i) スキャンデータが利用できる複数のボクセルを決定し、前記スキャンデータが利用できる複数のボクセルの各々に材質または組織タイプを割り当てることと、

20

(ii) スキャンデータが利用できない複数のボクセルを決定し、前記患者情報を使用して前記スキャンデータが利用できない複数のボクセルにおける材質または組織タイプを推定することによって、前記スキャンデータが利用できない複数のボクセルの各々に材質または組織タイプを割り当てることと、を含む、ステップと、

前記患者の関心領域の選択を受け取るステップと、

前記患者の全身の仮想線量モデルにおいて、モンテカルロシミュレーション技術を使用した線量シミュレーションを実行するステップと、

前記線量シミュレーションの結果に基づいて、前記関心領域内で受ける前記放射線量の推定値を決定するステップと、

30

を含む、方法。

【請求項 1 4】

前記患者情報は、前記患者の身長、体のサイズ、体重、および体型のうちの少なくとも 1 つを含む、請求項 13 に記載の方法。

【請求項 1 5】

前記患者情報の少なくとも一部は、ボディースキャナ、カメラ、体重計、および造影剤注入器からなる群から選択される周辺装置から受け取られる、請求項 13 に記載の方法。

【請求項 1 6】

前記複数のボクセルの各々に前記材質または組織タイプを割り当てることは、前記複数のボクセルの少なくとも一部の各々について、前記スキャンデータから前記ボクセルに起因するハウズフィールド値を抽出し、前記ボクセルの前記ハウズフィールド値を、ハウズフィールド値と材質または組織のタイプとの間の既知の関係を表す相関データと比較することを含む、請求項 13 に記載の方法。

40

【請求項 1 7】

前記複数のボクセルの各々に前記材質または組織タイプを割り当てることは、前記ボクセルの 1 つまたは複数における造影剤の存在を確認することを含む、請求項 16 に記載の方法。

【請求項 1 8】

スキャンデータが利用できない前記複数のボクセルの各々に材質または組織タイプを割

50

り当てることは、ファントムデータベースにアクセスし、前記ファントムデータベースから選択されたファントムの対応するボクセル内の組織または材質タイプを参照することをさらに含む、請求項13に記載の方法。

【請求項19】

前記患者以外の1つまたは複数の対象物の場所、サイズ、および位置の情報を取得するステップと、

前記仮想線量モデルの前記線量シミュレーションを更新して、前記患者以外の前記1つまたは複数の対象物から散乱した放射線を確認するステップと、

をさらに含む、請求項13に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願の相互参照

本出願は、2018年4月10日に出願された米国仮特許出願第62/655,373号の優先権を主張し、その開示の全体が参照により本明細書に組み込まれる。

【0002】

本開示の実施形態は、概して、より正確な患者モデルを使用して線量を推定するシステムおよび方法などの、ヘルスケア撮像の分野における線量推定のためのシステムおよび方法を対象とする。

【背景技術】

【0003】

患者の撮像は、世界中の病院や医療施設で広く使用されている不可欠な診断ツールである。患者の撮像は、とりわけ、コンピュータ断層撮影（CT）、X線透視（R/F）、リアルタイム血管造影、コンピュータ断層撮影（PET/CT）と組み合わせた陽電子放出断層撮影、単一光子放出コンピュータ断層撮影（SPECT）などの放射線ベースの方式、ならびに超音波および磁気共鳴撮像（MRI）などの電離放射線を使用しない方式の使用を含むことができる。これらすべての方式に共通しているのは、患者の画像を取り込むために、患者が一定量のエネルギーに曝されていることである。CTの場合のように電離放射線であろうと、MRIの場合のように熱入力（SAR-比吸収率）であろうと、そのような曝露には望ましくない副作用があり得る。例えば、国際原子力機関（IAEA）によれば、胸部または腹部のCTスキャンでは、通常の胸部X線では0.1 mSv未満であるのに対して、患者は5~20 mSvに曝される。また、脊椎CTスキャンでは、通常の脊椎X線の1.5 mSvではなく、患者を約1.5~10 mSvに曝することが報告されている。全身CTでは患者を20 mSv以上に曝す可能性がある。残念ながら、CTスキャンで被曝を下げると、取得したCT画像の品質に悪影響を及ぼし、診断に悪影響を与える可能性がある。近年のCTスキャンでの過剰なX線放射への曝露の有害性の認識の高まりにより、達成可能な限り低い（「ALARA」）原則に大きな焦点が当てられ、CT撮像を最適化して、線量被曝を監視する方法へ大きな関心もたれている。現在、被曝を推定し、放射線量を監視するシステムと方法が利用可能であり、広く使用されている。そのような最も顕著な使用の1つは、Bayer HealthCare LLCから入手可能なRadimetrics（商標）Enterprise Platformを使用することである。しかしながら、これらの現在利用可能な線量推定技術は、人体のサイズ、形状、および組成を過度に単純化する放射線ファントムを使用することが多く、理想的な線量推定よりも少なくなる。

【0004】

線量分布を推定するための他の既存の手法は、画像診断手順を通じて受け取った線量を推定するのではなく、放射線療法の適用に焦点を合わせる傾向がある。例えば、ImpactMC CT線量測定ソフトウェアプログラム（<http://www.ct-imaging.de/en/ct-software-e/impactmce.html>）は、軸方向画像を生成し、軸方向画像のピクセルに基づいて線量マップを提供する。しかし、このプログラムは人体の解剖学的構造を適切に考慮していない。例えば、取得した画像から人体の解剖学的構造を構築したり、軸方向画像が取得されなかった身体の部分を埋めたり、ベースファントムのモーフィングを可能にしたり、臓器セ

10

20

30

40

50

グメンテーションを提供したり、臓器線量暴露を推定したりしない。さらなる例として、Virtual Phantoms, Inc.の仮想線量モデルであるVirtualDose（商標）CTは、変形可能な3D/4D患者解剖学的モデリングによる放射線量計算およびモンテカルロ法を使用した放射線量計算を可能にする。しかし、この製品は、所定の臓器リストの平均臓器線量のみを提供し、線量マップを提供せず、ユーザが選択した関心領域から線量情報を取得することを可能にしない。さらに、この製品は、予め構築された一組のファントムの線量を推定する。同様に、Segers, W. P. et al., “4D XCAT phantom for multimodality imaging research,” Med.Phys.37(9):4902-15, September 2010は、国立医学図書館からの目に見える男性と女性の解剖学的データセットおよび予め構築された一組のファントムを使用した患者データセットのセグメンテーションからの解剖学的構造に基づく4D仮想ファントムモデルを記載している。しかし、Segersは個別化された患者ベースでの線量推定を提供せず、選択可能な関心領域の線量推定を可能にしない。

10

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0005】

本開示の特定の実施形態の目的は、患者の撮像中に患者のエネルギー曝露を推定するための手法を提供することである。以下の段落で明らかになるように、本明細書で説明される実施形態は、より正確な患者モデルを使用した線量推定のためのシステムおよび方法に関する。線量推定システムは、患者の部分スキャンからのスキャンデータと患者情報に基づいて仮想線量モデルを作成するシステムを提供し、様々な方式から患者に供給される放射線量または被曝を推定するために使用できる。本開示の様々な態様は、以下の条項の1つまたは複数によってさらに特徴付けられ得る。

20

【0006】

条項1：撮像システムと通信する線量シミュレータであって、線量シミュレータは、ユーザインターフェース、プロセッサ、およびプログラミング命令を含む非一時的記憶媒体を含む、線量シミュレータを含み、プログラミング命令は、実行された場合に、プロセッサが線量シミュレータに対して、患者に関する患者情報を受け取らせ、患者情報は、患者の1つまたは複数の身体的特徴に関する情報を含み、スキャンデータを受け取らせ、スキャンデータは、撮像システムによる患者の撮像スキャン中に生成され、撮像スキャンは患者の一部の部分的撮像スキャンであり、スキャンデータは、患者の一部をカバーする部分的スキャンデータを表し、患者情報および部分的スキャンデータに基づいて、患者の仮想線量モデルを作成させ、患者の関心領域の選択を受け取らせ、患者またはその一部の仮想線量モデルで線量シミュレーションを実行させ、線量シミュレーションの結果に基づいて、関心領域内で受けた放射線量の推定値を決定させる、ことを可能にする、システム。

30

【0007】

条項2：プログラミング命令は、実行された場合に、プロセッサが、関心領域内で受けた放射線量の推定値を、表示画面上で視覚的に知覚可能な形で提示することをさらに可能にする、条項1に記載のシステム。

【0008】

条項3：患者情報は、患者の身長、体のサイズ、体重、および体型のうちの少なくとも1つを含む、条項1に記載のシステム。

40

【0009】

条項4：周辺装置であって、患者情報の少なくとも一部は周辺装置から受け取られる、周辺装置をさらに含む、条項1に記載のシステム。

【0010】

条項5：周辺装置は、ボディースキャナ、カメラ、体重計、および造影剤注入器からなる群から選択される、条項4に記載のシステム。

【0011】

条項6：仮想線量モデルは複数のボクセルを含み、材質または組織タイプが複数のボクセルの各々に割り当てられる、条項1に記載のシステム。

50

【 0 0 1 2 】

条項7：仮想線量モデルは患者の全身モデルである、条項1に記載のシステム。

【 0 0 1 3 】

条項8：線量シミュレーションは、モンテカルロシミュレーション技術を使用することにより、仮想線量モデルに対して実行される、条項1に記載のシステム。

【 0 0 1 4 】

条項9：撮像システムはコンピュータ断層撮影システムであり、撮像スキャンはコンピュータ断層撮影スキャンである、条項1に記載のシステム。

【 0 0 1 5 】

条項10：撮像システムによって実行される撮像スキャン中に患者が受けた放射線量の推定値を提供するために非一時的記憶媒体に記憶された線量シミュレータソフトウェアであって、ソフトウェアはプログラミング命令を含み、プログラミング命令は、実行された場合に、プロセッサが線量シミュレータソフトウェアに対して、患者に関する患者情報を受け取らせ、患者情報は、患者の1つまたは複数の身体的特徴に関する情報を含み、スキャンデータを受け取らせ、スキャンデータは、撮像システムによる患者の撮像スキャン中に生成され、撮像スキャンは患者の一部の部分的撮像スキャンであり、スキャンデータは、患者の一部をカバーする部分的スキャンデータを表し、患者情報および部分的スキャンデータに基づいて、患者の仮想線量モデルを作成させ、患者の関心領域の選択を受け取らせ、患者またはその一部の仮想線量モデルで線量シミュレーションを実行させ、線量シミュレーションの結果に基づいて、関心領域内で受けた放射線量の推定値を決定させる、ことを可能にする、線量シミュレータソフトウェア。

10

20

【 0 0 1 6 】

条項11：プログラミング命令は、実行された場合に、プロセッサが、関心領域内で受けた放射線量の推定値を視覚的に知覚可能な形で提示することをさらに可能にする、条項10に記載の線量シミュレータソフトウェア。

【 0 0 1 7 】

条項12：患者情報は、患者の身長、体のサイズ、体重、および体型のうちの少なくとも1つを含む、条項10に記載の線量シミュレータソフトウェア。

【 0 0 1 8 】

条項13：患者情報の少なくとも一部は周辺装置から受け取られる、条項10に記載の線量シミュレータソフトウェア。

30

【 0 0 1 9 】

条項14：周辺装置は、ボディースキャナ、カメラ、体重計、および造影剤注入器からなる群から選択される、条項10に記載の線量シミュレータソフトウェア。

【 0 0 2 0 】

条項15：仮想線量モデルは複数のボクセルを含み、材質または組織タイプが複数のボクセルの各々に割り当てられる、条項10に記載の線量シミュレータソフトウェア。

【 0 0 2 1 】

条項16：仮想線量モデルは患者の全身モデルである、条項10に記載の線量シミュレータソフトウェア。

40

【 0 0 2 2 】

条項17：線量シミュレーションは、モンテカルロシミュレーション技術を使用することにより、仮想線量モデルに対して実行される、条項10に記載の線量シミュレータソフトウェア。

【 0 0 2 3 】

条項18：撮像システムはコンピュータ断層撮影システムであり、撮像スキャンはコンピュータ断層撮影スキャンである、条項10に記載の線量シミュレータソフトウェア。

【 0 0 2 4 】

条項19：撮像システムによって実行される撮像スキャン中に患者が受ける放射線量の推定値を提供するために使用できる患者の仮想線量モデルを作成する方法であって、患者に

50

関する患者情報を受け取るステップであって、患者情報は患者の1つまたは複数の身体的特徴に関する情報を含む、ステップと、スキャンデータを受け取るステップであって、スキャンデータは、撮像システムによる患者の撮像スキャン中に生成され、撮像スキャンは患者の一部の部分的撮像スキャンであり、スキャンデータは、患者の一部をカバーする部分的スキャンデータを表す、ステップと、スキャンデータから、複数のボクセルの各々に起因するハウズフィールド値を抽出するステップと、複数のボクセルの各々に材質または組織タイプを割り当てるステップと、スキャンデータが利用できない複数のボクセルを決定するステップと、スキャンデータが利用できないボクセルの材質または組織タイプを推定するために、患者情報を使用してスキャンデータが利用できない複数のボクセルの各々に材質または組織タイプを割り当てるステップと、を含む、方法。

10

【0025】

条項20：複数のボクセルの各々に材質または組織タイプを割り当てるステップは、複数のボクセルの少なくとも一部の各々について、スキャンデータからボクセルに起因するハウズフィールド値を抽出し、ボクセルのハウズフィールド値を、ハウズフィールド値と材質または組織のタイプとの間の既知の関係を表す相関データと比較するステップを含む、条項19に記載の方法。

【0026】

条項21：相関データはデータベースに記憶される、条項20に記載の方法。

【0027】

条項22：材質または組織タイプを複数のボクセルの各々に割り当てるステップは、ボクセルの1つまたは複数における造影剤の存在を確認するステップを含む、条項19に記載の方法。

20

【0028】

条項23：スキャンデータが利用できない複数のボクセルの各々に材質または組織タイプを割り当てるステップは、ファントムデータベースにアクセスし、ファントムデータベースから選択されたファントムの対応するボクセル内の組織または材質タイプを参照するステップをさらに含む、条項19に記載の方法。

【0029】

条項24：ファントムデータベースから選択されるファントムは、患者情報とファントムの特性との比較に基づいて選択される、条項23に記載の方法。

30

【0030】

条項25：撮像システムによって実行される撮像スキャン中に患者が受ける放射線量の推定値を提供する方法であって、患者に関する患者情報を受け取るステップであって、患者情報は患者の1つまたは複数の身体的特徴に関する情報を含む、ステップと、スキャンデータを受け取るステップであって、スキャンデータは、撮像システムによる患者の撮像スキャン中に生成され、撮像スキャンは患者の一部の部分的撮像スキャンであり、スキャンデータは、患者の一部をカバーする部分的スキャンデータを表す、ステップと、患者情報および部分的スキャンデータに基づいて、患者の仮想線量モデルを作成するステップと、患者の関心領域の選択を受け取るステップと、患者またはその一部の仮想線量モデルで線量シミュレーションを実行するステップと、線量シミュレーションの結果に基づいて、関心領域内で受けた放射線量の推定値を決定するステップと、を含む、方法。

40

【0031】

条項26：関心領域内で受けた放射線量の推定値を視覚的に知覚可能な形で提示するステップをさらに含む、条項25に記載の方法。

【0032】

条項27：視覚的に知覚可能な形は、表示画面上の表示および印刷されたレポートの少なくとも一方を含む、条項26に記載の方法。

【0033】

条項28：患者情報は、患者の身長、体のサイズ、体重、および体型のうちの少なくとも1つを含む、条項25に記載の方法。

50

【 0 0 3 4 】

条項29：患者情報の少なくとも一部は周辺装置から受け取られる、条項25に記載の方法。

【 0 0 3 5 】

条項30：周辺装置は、ボディースキャナ、カメラ、体重計、および造影剤注入器からなる群から選択される、条項29に記載の方法。

【 0 0 3 6 】

条項31：患者情報は撮像システムによって実行される撮像スキャンについての情報をさらに含む、条項25に記載の方法。

【 0 0 3 7 】

条項32：仮想線量モデルは複数のボクセルを含み、仮想線量モデルを作成するステップは、複数のボクセルの各々に材質または組織タイプを割り当てるステップを含む、条項25に記載の方法。

【 0 0 3 8 】

条項33：複数のボクセルの各々に材質または組織タイプを割り当てるステップは、複数のボクセルの少なくとも一部の各々について、スキャンデータからボクセルに起因するハウズフィールド値を抽出し、ボクセルのハウズフィールド値を、ハウズフィールド値と材質または組織のタイプとの間の既知の関係を表す相関データと比較するステップを含む、条項32に記載の方法。

【 0 0 3 9 】

条項34：相関データはデータベースに記憶される、条項33に記載の方法。

【 0 0 4 0 】

条項35：材質または組織タイプを複数のボクセルの各々に割り当てるステップは、ボクセルの1つまたは複数における造影剤の存在を確認するステップを含む、条項33に記載の方法。

【 0 0 4 1 】

条項36：仮想線量モデルは患者の全身モデルである、条項25に記載の方法。

【 0 0 4 2 】

条項37：仮想線量モデルを作成するステップは、スキャンデータが利用できない複数のボクセルを決定し、スキャンデータが利用できない複数のボクセルの材質または組織タイプを推定するために、患者情報を使用してスキャンデータが利用できない複数のボクセルの各々に材質または組織タイプを割り当てるステップを含む、条項36に記載の方法。

【 0 0 4 3 】

条項38：スキャンデータが利用できない複数のボクセルの各々に材質または組織タイプを割り当てるステップは、ファントムデータベースにアクセスし、ファントムデータベースから選択されたファントムの対応するボクセル内の組織または材質タイプを参照するステップをさらに含む、条項37に記載の方法。

【 0 0 4 4 】

条項39：ファントムデータベースから選択されるファントムは、患者情報とファントムの特性との比較に基づいて選択される、条項38に記載の方法。

【 0 0 4 5 】

条項40：仮想線量モデルに対して線量シミュレーションを実行するステップは、モンテカルロシミュレーション技術の使用を含む、条項25に記載の方法。

【 0 0 4 6 】

条項41：撮像システムはコンピュータ断層撮影システムであり、撮像スキャンはコンピュータ断層撮影スキャンである、条項25に記載の方法。

【 0 0 4 7 】

条項42：患者以外の1つまたは複数の対象物の場所、サイズ、および位置の情報を取得するステップと、仮想線量モデルの線量シミュレーションを更新して、患者以外の1つまたは複数の対象物から散乱した放射線を確認するステップと、をさらに含む、条項25に記

10

20

30

40

50

載の方法。

【0048】

条項43：1つまたは複数の他の対象物は、医療機器および患者以外の人からなる群から選択される、条項42に記載の方法。

【図面の簡単な説明】

【0049】

【図1】本開示の非限定的な一実施形態による走査環境および関連するコンピューティングシステムを示す図である。

【図2】本開示の非限定的な一実施形態による、関心領域における線量被曝を推定する方法のフロー図である

【図3】本開示の非限定的な一実施形態による、線量被曝情報を報告するためのディスプレイの描写を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0050】

以下の説明の目的のために、空間的配向用語は、図面において配向されているように実施形態に関連するものとする。しかしながら、本開示の様々な実施形態は、明示的に反対に指定されている場合を除いて、代替的な変形およびステップシーケンスを想定することができることを理解されたい。添付の図面に示され、以下の明細書に記載される特定の装置およびプロセスは、単なる例示的なものであることも理解されたい。したがって、本明細書に開示する実施形態に関連する特定の寸法および他の物理的特性は、限定的であるとみなすべきではない。

【0051】

本明細書で使用されるように、単数形（「a」、「an」および「the」）は、文脈上特に明示されない限り、複数の指示対象を含む。

【0052】

他に示されない限り、本明細書に開示するすべての範囲または比率は、その中に含まれる任意のおよびすべての部分範囲または部分比率を包含するものと理解すべきである。例えば、記載された「1から10」の範囲または比率は、最小値1と最大値10との間の（およびそれを含む）任意のおよびすべての部分範囲、すなわち、限定はしないが、1から6.1、3.5から7.8、および5.5から10などの、1以上の最小値で始まり、10以下の最大値で終わるすべての部分範囲または部分比率を含むとみなすべきである。

【0053】

限定はしないが、発行された特許および特許出願などのすべての文書は、本明細書で言及され、他に示されない限り、その全体が「参照により組み込まれる」とみなすべきである。

【0054】

本開示の実施形態は、一般に、患者の撮像中に患者の放射線被曝を推定するための手法を対象とする。より具体的には、本開示の実施形態は、そのような推定を行うために使用される適切な患者モデルを生成するための効率的な手法を提供する。以下で詳細に説明するように、線量推定システムは、CT、リアルタイム血管造影、PET/CT、SPECTなどの様々な方式から患者に提供される放射線量または被曝を推定するために使用できる仮想線量モデルを作成するシステムを提供する。電離放射線を利用しない方式の場合、システムおよび関連するソフトウェアは、超音波またはMRIの入熱などの他の関心のある量を計算することができる。本開示の実施形態は、画像診断および放射線療法処置中の改善された放射線量モデリングおよび管理を提供することができる。これらの実施形態は、例えば、患者固有の線量モデルが、患者の部分スキャンのみを使用して生成され、結果として、全身スキャンよりも少ない線量を使用してモデルを生成することを可能にする。以下に説明するように、全身モデルを含む患者固有の線量モデルの生成は、この情報を得るために、より少ない放射線被曝を使用しながら、患者の総線量被曝のより堅牢で完全な画像を可能にすることによって、放射線量の推定と管理の分野における改善を表す、従来とは異なる独

10

20

30

40

50

自の手法によって実現される。例えば、本開示の実施形態は、実際の患者の形状およびサイズを考慮し、患者の異なるボクセル内の測定され推定された組織組成を使用する、柔軟で患者固有の放射線量モデルを可能にし、これによって、一般的な形状（シリンダ、ブロック）または異なる体型の一般的な患者のスケーリングされたバージョンに基づく、従来の一般化された線量モデルよりも精度を高めることができる。本開示の非限定的な実施形態または態様は、これらの予測を行うために必要な情報を得るためにより少ない放射線を使用しながら、より正確かつ効率的な方法で画像診断および放射線療法処置中に達成される線量の推定および管理を可能にする。

【0055】

図1は、本開示の一実施形態による、線量推定を提供するように構成された走査環境100および関連するコンピューティングシステムの例を示す。図示するように、走査環境100は、撮像システム110、線量シミュレータ120、この例ではボディースキャナの形態である周辺装置130、およびこの例では電子医療記録（EMR）データベースである情報データベース140を含む。

10

【0056】

撮像システム110は、患者の医用画像を取り込むことができる様々な公知の撮像方式のいずれであってもよい。例には、CTスキャナ、リアルタイム血管造影、PET/CT、SPECTなどの電離放射線を供給する撮像方式、および熱入力などの電離放射線以外の形でエネルギー線量を供給する撮像方式が含まれる。この後者のグループの例示的な方式には、超音波とMRIが含まれる。本開示全体の様々な時点で、「線量」は、例えばCT撮像中に患者に供給される電離放射線量などの「放射線量」に関して説明される。しかしながら、本開示はそのように限定されず、「線量」は、電離放射線を使用しないMRIなどの方式と共に使用される場合には、代わりに「エネルギー線量」を指す場合がある。

20

【0057】

非限定的な一実施形態では、線量シミュレータ120は、患者固有の仮想放射線量モデルを生成し、このモデルを使用して、撮像システム110によって患者に供給された線量のシミュレートされた推定値を提供するように構成されたコンピューティングシステムおよび1つもしくは複数のソフトウェアアプリケーションを含む。線量シミュレータ120は、少なくともプロセッサおよび非一時的な機械可読媒体に記憶されたソフトウェア命令を含むことができ、ソフトウェア命令は、実行されると、プロセッサが本明細書で説明される方法を実行することを可能にする。線量シミュレータ120はまた、例えば、線量シミュレータ120と通信して、キーボード、マウス、タッチスクリーン、または有線または無線デバイス（例えば、スマートフォン、ラップトップ、リモートコントロール、またはPDA）の形式でコマンドを入力するためのユーザインターフェースなどの1つまたは複数のハードウェア構成要素を含むことができる。線量シミュレータ120はまた、本明細書で説明されるように様々な画像および情報を表示することができる、あるいはそのような情報を視覚的に知覚可能な形で提示することができるディスプレイ122（タッチスクリーンであってもよい）ならびに印刷されたレポートを生成するためのプリンタを含むか、またはそれに関連付けられ得る。

30

【0058】

患者固有の仮想放射線量モデルを生成し、このモデルを使用して、撮像システム110によって患者に供給されるであろう線量のシミュレートされた推定値を提供するために、線量シミュレータ120は、最初に、対象患者に関する情報と、対象患者に対して撮像システム110によって実行される撮像手順に関する情報と、を受け取ることができる。この情報は、本明細書ではまとめて「患者情報」と呼ばれる。線量シミュレータ120は、様々なソースからこの患者情報を受け取ることができる。

40

【0059】

例えば、線量シミュレータ120は、撮像システム110と通信して、撮像システム110自体に関する情報を含む撮像システム110からの情報を受け取ることができる。この撮像システム情報は、生データ（タイミングおよび管電圧などのスキャンパラメータを含む）を

50

生成するために撮像システムがスキャン動作をどのように実行するか、スキャナが生データをどのように収集するか（検出器アレイがどのように機能するかを含む）、ならびにスキャナが生データから画像をどのように生成するか（生データがどのように画像に再構築されるかを含む）に関するパラメータおよび動作の詳細を含むことができる。

【0060】

線量シミュレータ120はまた、例えば、病院情報システム（HIS）、電子医療記録（EMR）データベース、放射線情報システム（RIS）、検査情報システム（LIS）、または撮像施設内のもしくは撮像施設で利用可能な別の情報データベース140から、対象患者の身体的特徴などの対象患者に関する情報を受け取ることができる。このような特徴の例は、患者の年齢、身長、体のサイズ、性別、体重、肥満度指数（BMI）、体型、体表面積（BSA）、骨量測定値（BMM）、または、患者の幾何学的形状の近似を測定または予測するために使用できるその他の生体計測データを含む。この情報はまた、そのユーザインターフェースを介して、ユーザが線量シミュレータ120に直接入力することもできる。この情報は、患者の病歴も含むことができ、これには患者の遺伝的状態を示す情報、患者の以前の放射線被曝に関する情報、および本開示の目的を達成するために使用できる他の情報が含まれる。特定の非限定的な実施形態では、対象患者の組織および/または骨密度に関する情報は、放射線量分布を近似するために有用であり得る。例えば、骨粗しょう症と診断された患者は骨密度が低く、X線ビームが患者を通過するときにX線ビームの減衰に影響を与える可能性がある。別の非限定的な実施形態では、ペースメーカーおよび金属または他のインプラントなどの詳細も有用であり得る。

【0061】

線量シミュレータ120はまた、1つまたは複数の周辺装置130から患者情報を受け取ることができる。これらの周辺装置130は、例えば、患者または撮像手順に関する情報を収集することにより、線量シミュレータ120に情報を提供することができる。利用することができる周辺装置の非限定的な例には、1つまたは複数のボディースキャナ、1つまたは複数のカメラ、1つまたは複数の体重計、ならびに1つまたは複数の造影剤注入器が含まれる。一例では、周辺装置130は、ボディースキャナ130aの形態であってもよい。ボディースキャナ130aは、患者の身体をスキャンして、例えば、患者の体のサイズおよび/または体型（例えば、高さ、幅、および他の寸法）を評価し、これらの測定値をデータに変換し、そのデータを線量シミュレータ120に転送することができる。この例の変形例では、周辺装置130はカメラの形態であってもよい。カメラは、患者の画像（例えば、患者の全身画像）を取り込み、その画像をデータに変換し、そのデータを線量シミュレータ120に転送し、そこで患者の体のサイズおよび/または体型（例えば、高さ、幅、および他の寸法）を評価するために使用することができる。別の非限定的な実施形態では、周辺装置130は、患者の体重を取り込み、その体重をデータに変換し、そのデータを線量シミュレータ120に転送する体重計の形態であってもよい。これらのタスクを実行することができるボディースキャナ、カメラ、体重計は周知のものであって市販されている。

【0062】

周辺装置130は、例えば、撮像手順が患者への造影剤の投与を含む場合には、造影剤注入器130bであってもよい。患者内に存在する造影剤の種類と量（および撮像手順時の患者内のその造影剤の位置）が患者内の放射線量分布に影響を与える可能性があるため、線量シミュレータ120は、患者固有の仮想放射線量モデルを生成する場合に、造影剤（使用されている造影剤の種類を含む）および造影剤の投与に関する情報（投与のタイミング、造影剤の量、流量などを含む）を使用することができる。線量シミュレータ120は、例えば、使用されている造影剤のタイプ、使用されている造影剤の総量、および流量もしくは他のプロトコルパラメータ（タイミングおよび/またはフェーズを含む）に関する情報を造影剤注入器130bから受け取ることができる。

【0063】

線量シミュレータ120はまた、撮像システム110からスキャンデータを受け取る。このスキャンデータは、患者の限定された（部分的な）撮像手順からのデータセットの形態を

とることができる。スキャンデータは、例えば、患者の測定された各ボクセルのハウズフィールド値を含むことができる。このスキャンデータを生成するために、患者をCTスキャナなどの撮像システム110内に置くことができる。次に、患者は、患者の身体の少なくとも一部を撮像する限定された撮像手順を受けることができる。非限定的な一実施形態では、限定された撮像手順は、胴体および/または頭部などの患者の身体の一部のみを撮像する。これは、スキャンに適切な関心領域を選択し、スキャンデータを収集するために患者に対してスキャン手順を行うことで実行され得る。患者の身体の一部のみを撮像することにより、患者のより大きな部分、または患者の全身を撮像する撮像手順と比較して、患者への総放射線（または他のエネルギー）被曝が低減される。以下で説明するように、線量推定の目的で、撮像手順でカバーされない患者の身体の領域は、上記の患者情報を使用して近似することができる。非限定的な一実施形態では、撮像システム110を使用して別個のスカウトスキャン/ローカライザ画像を収集することができ、このスカウトスキャン/ローカライザ画像中に生成されたデータを線量シミュレータ120で使用して、上記の限定された撮像手順を受ける患者の領域を近似することができる。

10

【0064】

線量シミュレータ120は、イントラネット、LAN、WAN、ブルートゥース（登録商標）、またはインターネット接続などのネットワーク接続を介して、撮像システム110、各周辺装置130、および/または各情報データベース140から情報を受け取ることができる。別の例として、この情報の一部またはすべては、インターネットを介して線量シミュレータ120によってアクセス可能なクラウドベースのデータベースに記憶することができる。データ転送は、有線または無線の手段を介して行うことができる。

20

【0065】

受け取った患者情報およびスキャンデータに基づいて、線量シミュレータ120は、患者の患者固有の仮想放射線量モデルを生成することができる。この線量モデルは、3次元（3D）ボクセルベースのモデルの形式であってもよい。線量シミュレータ120はまた、この線量モデルを使用して、関心領域で受けた線量のシミュレーション/推定を実行し、線量シミュレータによって生成されたレポートを通じて、および/またはグラフィカルインターフェース上にそのような情報を表示することによって、関心領域についての線量分布などのこの線量情報をユーザに提示することができる。グラフィカルインターフェースは、図1に示すように、線量シミュレータ120に関連するディスプレイ122であってもよく、または放射線科医のワークステーションでのディスプレイなど、線量シミュレータ120から離れたディスプレイであってもよい。患者の患者固有の仮想放射線量モデルを生成し、関心領域で受けた線量のシミュレーション/推定を実行し、この線量情報をユーザに提示する方法に関するさらなる詳細を以下に説明する。

30

【0066】

図2は、線量シミュレータ120を動作させるための方法200を示す。図示するように、方法200は、線量シミュレータ120が患者情報を受け取るステップ205で始まる。上記のように、この情報は、患者の年齢、身長、体のサイズ、性別、体重、肥満度指数（BMI）、体型などの患者に関する特徴を含むことができる。この情報は、HIS、RIS、EMR、LISなどを含む上記の様々な情報源から、ならびにボディーカメラ、体重計、ボディースキャナなどの1つまたは複数の周辺装置130から得ることができる。情報は、収集されたときに線量シミュレータ120に自動的にプッシュでき、自動データ検索技術を使用して線量シミュレータ120によって要求して読み出すことができ、情報は、技師が手動で入力することもでき、あるいはそれらを組み合わせて入力することもできる。例えば、ボディースキャナなどの周辺装置130から取得した情報は、情報が収集されると自動的に線量シミュレータ120に送信されるが、HIS、RIS、またはEMRに含まれる情報は、線量シミュレータ120によって要求され読み出されてもよい。ステップ205中に取得されたデータは、有線および/または無線のデータ転送を使用して線量シミュレータ120に転送される。患者情報の一部またはすべては、そのユーザインターフェースを介して線量シミュレータ120に直接入力することができる。

40

50

【 0 0 6 7 】

図2のステップ210で、患者の限定された（部分的な）撮像手順は、撮像システム110によって完了する。ステップ210は、ステップ205の後に発生するように示されているが、ステップ205と同時に、またはその前に発生することもできる。上述のように、限定された撮像手順は、胴体および/または頭部などの患者の身体の一部のみを撮像することができる。これは、スキャンに適切な関心領域を選択し、スキャンデータを収集するために患者に対してスキャン手順を行うことで実行され得る。必要に応じて、全身画像などの別個のスカウトスキャン/ローライザ画像を、撮像システム110を使用してステップ210中にも収集することができる。次に、ステップ210中に取得されたデータは、有線および/または無線のデータ転送を使用して線量シミュレータ120に転送される。

10

【 0 0 6 8 】

ステップ215で、線量シミュレータ120は、ステップ205、210で取得された患者情報およびスキャンデータを使用して、患者固有の仮想線量モデルを生成する。いくつかの非限定的な実施形態では、仮想線量モデルは、患者の全身のモデルである。仮想線量モデルは、患者情報とスキャンデータを使用して、患者の2Dもしくは3Dボクセルベースのモデル（例えば、個々のボクセルで形成されたモデル）または患者の身体モデルを構築するために各ボクセルに割り当てられた組織もしくは他の材質（例えば、骨）を含む患者の一部を構築することにより、生成することができる。このモデリングプロセスは、スキャンデータから、ステップ210で撮像された患者の各ボクセルに起因するハウズフィールド値を抽出し、ボクセルのハウズフィールド値に基づいて各ボクセルに材質または組織タイプを割り当てることを含むことができる。例えば、線量シミュレータ120は、各ボクセルのハウズフィールド値を分析し、その値および組織/材質タイプとハウズフィールド値の間の既知の相関に基づいて、そのボクセルに存在する1つもしくは複数の組織（例えば、肝臓、心臓など）または1つもしくは複数の材質（例えば、骨、腱など）のタイプを決定することができる。ハウズフィールド値と組織/材質タイプの間の既知の相関に関する情報は、相関データの形式にすることができ、データベースなどのメモリに記憶することができ、これは線量シミュレータ120によってアクセスすることができ、当業者が利用できるであろう文献で利用可能な既知の相関に基づくことができる。

20

【 0 0 6 9 】

言及したように、ステップ210で得られたスキャンデータは、患者の部分的なスキャンのみであり得るが、所望の線量モデルは患者の全身モデルである。これを説明するために、線量シミュレータ120は、ステップ210の撮像手順の対象ではなかった領域、または、例えばデータの破損などが原因で、スキャンデータにハウズフィールド情報が含まれていない領域などの、スキャンデータによってカバーされない領域の患者のボクセルの材質/組織タイプを推定することができる。この推定は、ステップ205および/またはステップ210で受け取られる他の情報を使用して達成することができる。これは、例えば、1つまたは複数の情報データベース140から、および/または1つまたは複数の周辺装置130から、手動入力を介して得られた患者のサイズ、体重、または体型の患者情報を含む。例えば、ボディースキャナまたはカメラは、患者の全身写真または身体スキャン（2Dまたは3D）を取得することができ、体重計は患者の体重を取得することができ、あるいは体型分析ツール（例えば、Shape Labs、IncのShapescale（商標）；www.shapescale.com）は患者の体型を取得することができる。この情報から、線量シミュレータ120は、各ボクセルに存在するであろう組織または材質タイプを推定することができる。例えば、スキャンデータが患者の脚部の画像のデータを含まない場合には、患者の全身写真を使用して、その構成要素（膝、すね、足、足首など）を含む、患者の脚部の位置および寸法（例えば、長さ、厚さなど）を決定することができる。この位置および寸法情報、ならびに人の脚部の異なる部分にわたって通常存在する組織/材質に関する既知の情報に基づいて、線量シミュレータ120は、組織/材質を脚部の各ボクセルに割り当てることができ、それにより、これらのボクセルに向けられたスキャンデータがない場合でも、これらのボクセルの内容の推定を提供することができる。全身の完全なスキャンデータの利点がなくても、

30

40

50

患者の全身モデルを完成させるために、脚、胴体下部などの患者の他の部分に対して同様の推定を行うことができる。

【0070】

特定の非限定的な実施形態では、線量シミュレータ120は、患者のサイズ、体型、および/または体重を含む利用可能な患者情報を使用して、患者をファントムデータベース150に記憶された撮像ファントムに一致させることができる。患者情報に基づいて、線量シミュレータ120は、ファントムデータベース150に問い合わせて、対象患者の特徴と密接に整合する特性を有するファントムを見つけることができる。あるいは、ユーザは、ファントムデータベース150から特定のファントムを選択して、シミュレーションに使用することができる。さらに別の代替案では、患者情報を使用して、ファントムデータベース150に記憶されている撮像ファントム間を補間して、ファントムの様々なボクセルの少なくとも材質/組織タイプおよび/または密度を含むことができる「オンザフライ」の2Dまたは3Dの患者固有のファントムを構築することができる。いずれの場合も、選択プロセスでは、特定のファントムが過去にこの患者で使用されたかどうかなど、患者の以前の撮像手順に関する情報をさらに考慮することができる。次に、このファントムを使用して、ステップ210で不十分なスキャンデータが取得されたボクセル領域に、ボクセルベースの患者モデルのボクセルの材質コンテンツを割り当てることができる。これは、例えば、ファントムの特定のボクセルの組織密度を参照し、それらの組織密度測定値を患者の同じボクセル（または少なくとも同様に配置されたボクセル）の組織密度の近似として使用することで実行することができる。ファントムのボクセル位置と患者のボクセル位置とのマッチングは、患者のサイズ/体型に関する既知の情報を使用して行うことができ、いくつかの非限定的な実施形態では、このマッチングは患者のローカライザ/スカウトスキャンの結果を使用して行うことができる。ファントムデータベースからファントムを選択する方法は、例えば、「Systems and Methods for Generating Simulated Computed Tomography (CT) Images」という名称でBayer Healthcare LLCに割り当てられたPCT公開番号WO 2018/156803に記載され、この全内容は参照により本明細書に組み込まれる。

【0071】

撮像ファントムは当技術分野で周知であり、一般に、実際の人間の代わりに電離放射線の研究で使用できる人体またはその一部のモデルとして説明することができる。仮想ファントムは、人間の組織、臓器、構造などの一部の受け入れられた数学モデルを提供することができる。例えば、仮想ファントムは、人体（またはその一部）の3次元モデルを作成するために使用される一組の非一様有理基底スプライン（NURBS）を提供することができる。あるいは、仮想ファントムは、空間領域構成法（CSG）または他の数学的表現を使用して表すことができる。適切な仮想ファントムの例には、体積測定（ボクセル）または表面ベース（メッシュまたはNURBS）のファントムが含まれる。このようなファントムは、臓器をコンピュータのメモリに個別に交差しない閉じた体積としてロードすることで作成することができる。臓器は、どの臓器がどの臓器に囲まれているのか（例えば、脳は頭蓋骨に含まれている）に基づいて階層的に構成されている。包含に基づく臓器の階層は、臓器内で各光線が通過する長さを決定するために必要である。次に、（ICRPまたはNISTの表で説明されているように）組織の材質と密度が臓器の体積に割り当てられる、例えば、骨の材質が骨に、軟部組織が筋肉に割り当てられる、などである。これは臓器名に基づいて自動的に行うことができるが、ユーザは自分のニーズに合わせて組織の材質と密度の自動割り当てを変更するためのオプションを有する。

【0072】

ファントムデータベース150は、以前に作成された一組の利用可能な撮像ファントムを予め入力することができる。追加のファントムは、作成時にファントムデータベース150に追加することができる。ファントムデータベース150内のファントムは、例えば、ファントムの精度または性能について学習される追加情報に基づいて、ファントムの特定の特性を修正することによって定期的に更新または調整することもできる。ファントムデータベース150、ならびに線量シミュレータ120（またはその態様）は、リモートおよびクラ

10

20

30

40

50

ウドベースであってもよい。例えば、仮想ファントムを生成するように構成された線量シミュレータ120の態様は、クラウドベースであり、走査環境100またはその一部（例えば、撮像システム110）から離れていてもよく、線量シミュレータ120の他の態様は、走査環境100またはその構成要素と同じ場所に配置されてもよい。

【0073】

ファントムを変形させて、ファントムの特徴をBMI、身長、性別、およびその他の解剖学的測定基準を含む対象患者とより良く整合することができる。非限定的な実施形態では、ファントムを修正して、ファントムの組織および/または骨密度の表現を、対象患者の既知の組織および/または骨密度の情報とより良く整合することができる。例えば、骨粗しょう症と診断された患者の骨密度は低くなる。シミュレーション中にX線ビームがファントム臓器を通過するときに、組織の材質と密度はX線ビームの減衰に影響する。別の非限定的な実施形態では、ペースメーカーおよび金属または他のインプラントなどの他の詳細もファントムに組み込むことができる。ファントムが循環器系を有する場合には、ユーザはこの時点で造影剤が存在するかどうかを指定し、関連するパラメータを設定することができる。非限定的な実施形態では、仮想ファントムは、米国特許第8,958,617号および第9,547,893号、ならびに米国特許出願公開第2017/0228860号および第2017/0243350号に記載されている技術を使用して変形させることができ、上記の内容は参照により本明細書に組み込まれる。適切な変形には、臓器の形状を調整すること、および患者の既存の画像などの対象患者に関する情報を使用して組織密度を調整することが含まれる。

【0074】

造影剤が使用される場合、患者の仮想線量モデルは、例えば、ステップ205で造影剤注入器から得られた情報に基づいて、造影剤を特定のボクセルに組み込むように修正されてもよい。上述したように、この情報には、使用されている造影剤のタイプ、使用されている造影剤の総量、および流量または他のプロトコルパラメータ（タイミングおよび/またはフェーズを含む）を含めることができる。患者の特定のボクセルに造影剤が存在した（または存在するであろう）と判断された場合には、そのボクセルに割り当てられる材質/組織を調整して、その材質/組織における造影剤の存在を確認することができる。この調整は、造影剤に関連する既知のハウズフィールド値と、造影剤の種類や造影剤の量などの造影剤投与を含む造影剤に関する他の利用可能な情報に基づいて行うことができる。この情報は、例えば、線量シミュレータ120と通信している造影剤注入器130bから得ることができ、またはそれは、手動入力などによって技師によって供給されてもよい。

【0075】

ステップ215の結果として、線量シミュレータ120は、ステップ205で受け取られた患者情報と、上述したものを含む様々な修正および調整を受けた、ステップ210で得られた部分撮像手順からのスキャンデータと、に基づいて、患者固有の仮想放射線量モデルを生成することができる。この患者固有の仮想放射線量モデルは、患者の全身モデル（例えば、患者の全身のモデル）であってもよく、患者の各ボクセルの内容が、上記で説明したように、そのボクセルに存在する測定または推定された材質/組織/造影剤に基づいて決定されるボクセルベースのモデルであってもよい。

【0076】

図2のステップ220を参照すると、仮想線量モデルが構築されると、それは、線量計算プログラムへの入力として使用して、患者に供給される推定線量または曝露を計算することができる。特定の非限定的な実施形態では、線量シミュレータ120は、ボクセルごとにこの線量情報または曝露情報を決定することができる。線量シミュレータ120は、線量情報が所望される（例えば、特定のボクセルの選択を通じて）1つまたは複数の関心領域を定義する柔軟性をユーザに提供することができる。

【0077】

特定の非限定的な実施形態では、線量推定は、米国特許第8,953,861号および第9,792,680号、ならびに米国特許出願公開第2017/0123074号および2017/0228860号で説明されているような、1つまたは複数の公知のモンテカルロシミュレーション技術を使用

10

20

30

40

50

して達成することができ、これらは参照により本明細書に明示的に組み込まれる。これらのモンテカルロシミュレーション技術は、ボクセルごとに、または類似した材質含有量を有する近くのボクセルをグループ化することなどによって、患者の特定の部分に吸収される線量を推定することができる。そのようなシミュレーション技術は、放射線量の正確な推定値を計算するために、ステップ215で開発された患者固有の仮想放射線量モデルを、撮像システム110および実行される手順に関連するいくつかの設定と共に使用することができる。例えば、撮像システム110がCTスキャナである場合には、スキャナは、kVp、すなわちピークキロボルト、X線発生器ターゲット角度、ファン角度、視準、スライス厚、焦点から軸までの距離、フラットフィルタ（材質と厚さ）、およびビーム成形フィルタ（材質と形状）などのパラメータを使用してシミュレーションの目的でモデル化することができる。スペクトルデータ、エネルギースペクトルデータ、およびビーム硬化の効果のモデルも、シミュレーションの精度を向上させるために考慮することができる。例えば、スキャナベッドのセンサを使用して光子スペクトルを測定することができ、または密度校正ファントムのスキャンからデータを取得することができる。もちろん、これら（およびその他のパラメータ）は、特定のケースのニーズに合わせて、利用可能または必要に応じて選択することができる。

10

【0078】

線量シミュレータ120は、シミュレーションを実行して、撮像手順から仮想線量モデルの各ボクセルに供給される線量を推定することができる。線量は、質量あたりのエネルギーに基づいて決定することができる。いくつかの非限定的な実施形態では、代わりに、患者をファントムライブラリ（上記で説明）の最も近いファントムに一致させることができ、線量推定を、このファントムを使用した以前のシミュレーションの保存された結果から取得するか、類似のファントムの結果から補間することができる。

20

【0079】

特定の非限定的な実施形態では、シミュレーションはまた、患者以外の人および機器を含む、室内にあり得る他の対象物を組み込むことができる。例えば、シールド付きエプロンを着用している技師が患者の隣に立っている場合には、技師とエプロンから散乱した放射線が、患者が受ける線量に寄与する可能性がある。同様に、患者のいる部屋に他の機器が存在する場合には、この機器から散乱した放射線が、患者が受ける線量に寄与する可能性がある。線量シミュレーションは、一人もしくは複数の他人または機器によって発生または受け取られた線量を推定ことができ、散乱放射線によって発生して患者に供給された追加の線量も推定することができる。室内の対象物の場所、サイズ、および位置は、これらの対象物の場所、サイズ、および位置を取り込む、部屋に存在する3Dスキャナまたはカメラによって取得されたデータを使用してモデル化することができる。いくつかの非限定的な実施形態では、これらの対象物の場所、サイズ、および位置は、スキャンの前または最初に収集されてもよい。この情報、または少なくとも位置決め情報は、スキャンを通してリアルタイムで更新されて、スキャン中の対象物の動きを確認することができ、この更新された情報は、時間の経過に伴う対象物の動きを反映する線量計算の生成に使用することができる。線量シミュレータ120は、この情報を使用して、患者以外の人を受けた線量の全般的な推定値を提供し、室内のすべての人の線量率が時間と共にどのように変化するかを計算し、記録し、および/または報告することができる。

30

40

【0080】

図2のステップ225を参照すると、ユーザは、1つまたは複数の関心領域を選択し、選択された1つまたは複数の関心領域内の線量分布または平均線量（例えば、mGy）などの線量情報を受け取ることができる。ステップ225はステップ220の後に発生するように示されているが、ステップ220と同時に、またはその前に発生する可能性があり、その場合、定義された関心領域は、線量シミュレーションが実行される領域を表すことができる。タッチスクリーンディスプレイなどのグラフィカルインターフェースを使用して、ユーザが1つまたは複数の関心領域を選択できるようにすることができる。この選択プロセスは、いくつかの方法で進めることができる。非限定的な一例では、ユーザは、各スライスに2D

50

幾何学的形状（例えば、円形または長方形）またはフリーハンドの形状を描くことなどにより、あるいはインターフェースを使用して3次元の幾何学的体積を描くことにより、スライスごとにボクセルを選択することができる。別の非限定的な例では、線量シミュレータ120は、同じまたは類似の割り当てられた材質／組織の内容を有する近くのボクセルをグループ化することなどにより、臓器を自動的に識別／セグメント化することができ、次に、これらの臓器をユーザに対して可能性のある関心領域として提案し、ユーザは、必要に応じて、提案された領域を拡大または縮小することができる。別の非限定的な例では、線量シミュレータ120は、スキャナ／デバイスからの情報を使用して照射領域の境界を識別し、関心領域をこれらの境界に限定するためのツールを含むことができる。

【0081】

ステップ230を参照して、線量情報を編集し、様々なフォーマットでユーザに提示することができる。例えば、非限定的な一実施形態では、関心領域が定義されると、線量シミュレータ120は、線量シミュレータ120に関連するグラフィカルインターフェース／ディスプレイ122などを介して、線量分布に関する情報をユーザに表示することができる。表示される情報には、領域内の総線量、領域内のボクセルごとの線量の標準偏差、または関心のある他の統計などの数量を含めることができる。ボクセルごとの線量分布のヒストグラムは、領域ごとに表示することができる。特定の非限定的な実施形態では、線量情報はまた、スライスごとに色分けされた「ヒートマップ」として、または3次元の一連の透明な線量輪郭表面として視覚化することができる。図3は、非限定的な一実施形態による、ディスプレイ122に表示された、ヒートマップを含む線量情報の例を示す。

【0082】

線量情報はまた、レポートに収集してユーザに提示することができ、および／または将来の使用やレビューのためにデータベースに記憶することができる。例えば、線量情報は、所与の患者の複数の撮像手順の過程で受け取られた累積的な患者の放射線量に関するレポートを作成するために使用でき、それは患者に供給された線量を追跡する。特定の実施形態では、患者固有の仮想放射線量モデルは患者の全身モデルであるため、このレポートは患者が受けた総線量を追跡することができる。患者のレポートがすでに作成されている場合は、それを更新して後続の手順からの線量情報を含めることができる。線量情報は、患者の医師や他のスタッフ（放射線技師、スキャン技師、医学物理士、または放射線療法専門家など）だけでなく、（必要な場合には）患者にも提供することができる。この情報は、1つまたは複数のデータベースに含まれ得る線量レジストリにエクスポートすることもできる。

【0083】

本開示に記載される方法を介して生成される線量情報は、特定の状態（臓器の特定の癌、または眼のレンズが照射されている場合の白内障など）を発症する患者のリスクを評価するために使用することができる。所与の状態の発症に対する感受性の増加（または減少）を示す情報が患者の履歴に存在する場合には、この情報を患者の状態のリスク推定に組み込むことができる。

【0084】

特定の非限定的な実施形態では、線量情報を使用して、将来の画像診断のために放射線量を予測することもできる。例えば、所与の患者および撮像手順の線量情報は、データベースに記憶することができる。その患者が将来の画像診断手順に戻る場合には、以前の手順からの線量情報を読み出すことができ、その以前の手順からの患者情報および手順情報を現在の患者情報および手順と比較することができる。患者情報と手順情報が実質的に同じである場合には、以前の線量情報は、現在の手順の線量被曝の優れた予測因子となり得る。このプロセスは、同じ患者を含む手順のみに限定されない。患者の以前の手順からの線量情報は、例えば、以前の患者と現在の患者との間の患者情報（例えば、サイズ、性別、体型）が同等である場合には、別の患者の将来の画像診断の優れた予測因子にもなり得る。

【0085】

本開示の特定の非限定的な実施形態による例示的な手順は、少なくとも以下のステップを含むことができる。(1)患者および手順に関するデータは、少なくとも患者のサイズ、患者の体型、患者の体重、造影剤の存在、ならびに注入および撮像のタイミングを含むスキャンプロトコル情報を含み、線量シミュレータ120によって入力または受け取られる。(2)患者の一部の1つまたは複数の部分CTスキャンを実行し、スキャナからスキャンデータを取得する。(3)取得したスキャンデータからピクセルごとにハウズフィールド単位を抽出する。(4)組織密度を含む、患者の2Dまたは3Dの患者固有の材質ボクセルベースの仮想モデルを作成する。(5)スキャンデータが利用できない患者の身体の部分については、サイズまたは体重などの追加の患者情報を使用して仮想モデルを埋める。(6)患者固有の仮想モデルをモンテカルロ線量シミュレータに入力する。(7)仮想モデル内からセグメントなどの関心領域を選択する。(8)必要な入力を使用して、関心領域全体の放射線量の推定値を計算する。

10

【0086】

本発明について上記の実施形態および/または実施例に関連して詳細に説明したが、そのような詳細は例示的であって限定的ではなく、当業者は本発明から逸脱することなく変更を加えることができることを理解されたい。本発明の範囲は、前述の説明ではなく、特許請求の範囲によって示される。特許請求の範囲の意味および同等性の範囲内にあるすべての変更および変形は、それらの範囲内に含まれるべきである。

【符号の説明】

【0087】

20

- 100 走査環境
- 110 撮像システム
- 120 線量シミュレータ
- 122 ディスプレイ
- 130 周辺装置
- 130a ボディースキャナ
- 130b 造影剤注入器
- 140 情報データベース
- 150 ファントムデータベース
- 200 方法

30

40

50

【 図 面 】
【 図 1 】

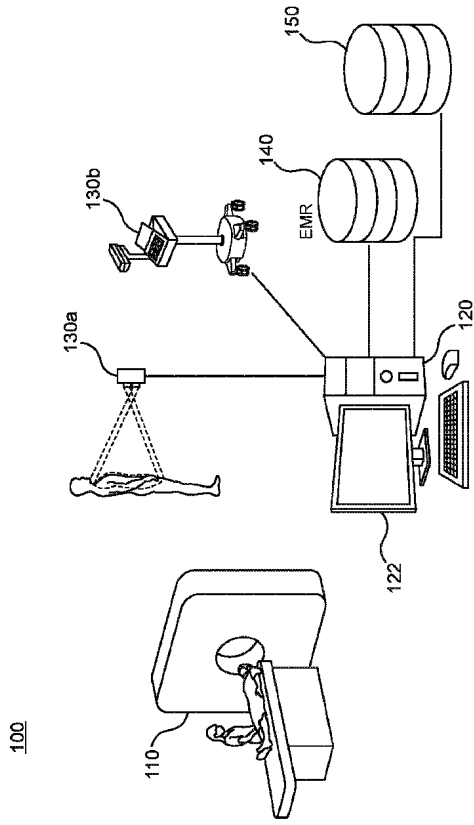
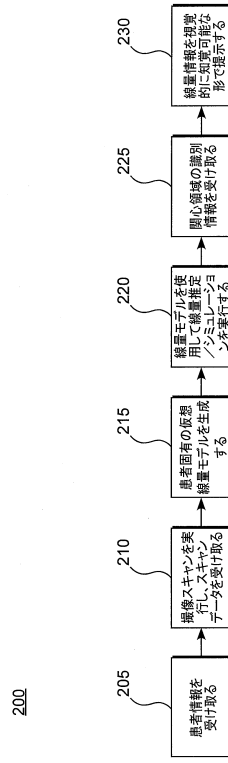
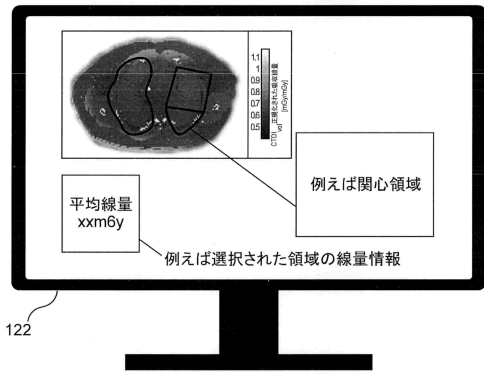


FIG. 1

【 図 2 】



【 図 3 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- 米国(US)
ストリート・629
- (72)発明者 アーサー・ウーバー・ザ・サード
アメリカ合衆国・ペンシルベニア・15208・ピッツバーグ・ベン・ハー・ストリート・7426
- (72)発明者 ジェイコブ・アグリ
アメリカ合衆国・ニューヨーク・11021・グレート・ネック・エステーツ・ショア・ドライブ・2
- (72)発明者 ティン・ル
アメリカ合衆国・ニュージャージー・07030・ホーボーケン・キャッスル・ポイント・テラス・1
- (72)発明者 ピーター・トンプソン
カナダ・オンタリオ・M5A・2T5・トロント・シートン・ストリート・195
- 合議体
審判長 樋口 宗彦
審判官 伊藤 幸仙
審判官 高 見 重雄
- (56)参考文献 特表2013-544605(JP,A)
特開2007-54372(JP,A)
特開2007-175323(JP,A)
特開2012-55510(JP,A)
特開2006-150033(JP,A)
特開2014-236798(JP,A)
米国特許第11918407(US,B2)
欧州特許第3773213(EP,B1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
A61B 6/00 - 6/58