

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2021-511608

(P2021-511608A)

(43) 公表日 令和3年5月6日(2021.5.6)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
G06T 7/00 (2017.01)	G06T 7/00 350C	4C093
G06T 1/00 (2006.01)	G06T 1/00 290A	4C188
G01T 1/161 (2006.01)	G06T 7/00 612	5B057
A61B 6/00 (2006.01)	G01T 1/161 A	5L096
A61B 6/03 (2006.01)	A61B 6/00 350S	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 21 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2020-560551 (P2020-560551)  
 (86) (22) 出願日 平成31年1月9日 (2019.1.9)  
 (85) 翻訳文提出日 令和2年8月13日 (2020.8.13)  
 (86) 国際出願番号 PCT/EP2019/050469  
 (87) 国際公開番号 WO2019/145149  
 (87) 国際公開日 令和1年8月1日 (2019.8.1)  
 (31) 優先権主張番号 62/622, 170  
 (32) 優先日 平成30年1月26日 (2018.1.26)  
 (33) 優先権主張国・地域又は機関 米国 (US)

(71) 出願人 590000248  
 コーニンクレッカ フィリップス エヌ  
 ヴェ  
 KONINKLIJKE PHILIPS  
 N. V.  
 オランダ国 5656 アーヘー アイン  
 ドーフェン ハイテック キャンパス 5  
 2  
 (74) 代理人 110001690  
 特許業務法人M&Sパートナーズ  
 (72) 発明者 シュー シュー  
 オランダ国 5656 アーヘー アイン  
 ドーフェン ハイ テック キャンパス  
 5

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 金属アーチファクトを低減するための深層学習の使用

(57) 【要約】

X線イメージングデバイス10、100は、未補正X線画像30を取得するように構成される。画像再構成デバイスは、電子プロセッサ22と、画像補正方法26を実行するための、電子プロセッサにより読取り可能及び実行可能な命令を格納する非一時的記憶媒体24とを含み、画像補正方法が、金属アーチファクト画像34を発生するために未補正X線画像にニューラルネットワーク32を適用することによって、ニューラルネットワークが、金属アーチファクトを含む残差画像コンテンツを抽出するように訓練されている、適用することと、未補正X線画像から金属アーチファクト画像を減じることによって、補正されたX線画像40を発生することを含む。

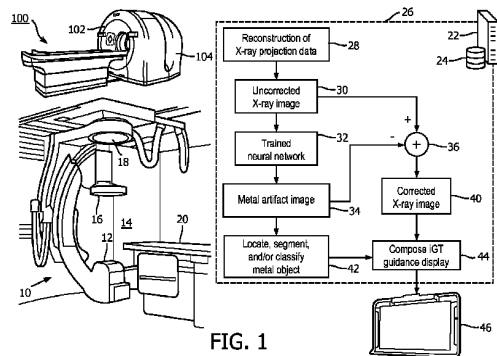


FIG. 1

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

画像再構成方法を実行するための電子プロセッサにより読取り可能及び実行可能な命令を格納する非一時的記憶媒体であって、前記画像再構成方法が、

未補正 X 線画像を発生するために X 線投影データを再構成することと、

金属アーチファクト画像を発生するために前記未補正 X 線画像にニューラルネットワークを適用することと、

前記未補正 X 線画像から前記金属アーチファクト画像を減じることによって、補正された X 線画像を発生することと

を含み、

前記ニューラルネットワークが、金属アーチファクトを含む画像コンテンツを抽出するように訓練されている、非一時的記憶媒体。

## 【請求項 2】

多色訓練 X 線画像  $p_j$  を変換するように前記ニューラルネットワークを訓練するためのニューラルネットワーク訓練方法を実行するための、前記電子プロセッサにより読取り可能及び実行可能な命令をさらに格納し、ここで、 $j$  は、それぞれの金属アーチファクト画像  $a_j$  と一致するように前記多色訓練 X 線画像をインデックス付けし、ここで、 $p_j = m_j + a_j$  であり、成分  $m_j$  は金属アーチファクトのない X 線画像である、請求項 1 に記載の非一時的記憶媒体。

## 【請求項 3】

前記ニューラルネットワークが、前記未補正 X 線画像にわたってグローバル接続を行うのに有効な層数及びカーネルサイズを有する、請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の非一時的記憶媒体。

## 【請求項 4】

前記画像再構成方法が、補正された前記 X 線画像をディスプレイに表示することをさらに含む、請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の非一時的記憶媒体。

## 【請求項 5】

前記画像再構成方法が、前記金属アーチファクト画像、又は前記金属アーチファクト画像から導出された画像を、前記ディスプレイに表示することをさらに含む、請求項 4 に記載の非一時的記憶媒体。

## 【請求項 6】

前記画像再構成方法が、金属タイプに応じて前記金属アーチファクト画像を分類することをさらに含む、請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の非一時的記憶媒体。

## 【請求項 7】

前記画像再構成方法が、前記金属アーチファクト画像によって描かれた金属物体を形状に基づいて識別することをさらに含む、請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の非一時的記憶媒体。

## 【請求項 8】

前記ニューラルネットワークが、畳み込みニューラルネットワークを含む、請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の非一時的記憶媒体。

## 【請求項 9】

前記画像再構成方法には、前記未補正 X 線画像に前記ニューラルネットワークを適用して前記金属アーチファクト画像を発生し、前記未補正 X 線画像から前記金属アーチファクト画像を減じることによって補正された前記 X 線画像を発生することによるもの以外のいかなる金属アーチファクト補正も含まれない、請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の非一時的記憶媒体。

## 【請求項 10】

前記未補正 X 線画像が 3 次元未補正 X 線画像であり、前記ニューラルネットワークが、前記金属アーチファクト画像を 3 次元金属アーチファクト画像として発生するために前記 3 次元未補正 X 線画像に適用される、請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の非一時的記

10

20

30

40

50

憶媒体。

【請求項 1 1】

未補正 X 線画像を取得する X 線イメージングデバイスと、  
画像再構成デバイスとを含む、イメージングデバイスであって、  
前記画像再構成デバイスは、電子プロセッサと、画像補正方法を実行するための、前記  
電子プロセッサにより読取り可能及び実行可能な命令を格納する非一時的記憶媒体とを含  
み、前記画像補正方法が、

金属アーチファクト画像を発生するために前記未補正 X 線画像にニューラルネットワ  
ークを適用することであって、前記ニューラルネットワークが、金属アーチファクトを含  
む残差画像コンテンツを抽出するように訓練されている、適用すること、及び

前記未補正 X 線画像から前記金属アーチファクト画像を減じることによって、補正さ  
れた X 線画像を発生すること  
を含む、イメージングデバイス。

【請求項 1 2】

前記非一時的記憶媒体が、多エネルギー訓練 X 線画像  $p_j$  を変換するように前記ニュー  
ラルネットワークを訓練するためのニューラルネットワーク訓練方法を実行するための、  
前記電子プロセッサにより読取り可能及び実行可能な命令をさらに格納し、ここで、 $j$  は  
、それぞれの金属アーチファクト画像  $a_j$  と一致するように前記訓練 X 線画像をインデク  
ス付けし、ここで、 $p_j = m_j + a_j$  であり、成分  $m_j$  は金属アーチファクトのない X 線  
画像である、請求項 1 1 に記載のイメージングデバイス。

【請求項 1 3】

前記ニューラルネットワークが、前記未補正 X 線画像にわたってグローバル接続を行う  
のに有効な層数及びカーネルサイズを有する、請求項 1 1 又は 1 2 に記載のイメージング  
デバイス。

【請求項 1 4】

ディスプレイデバイス

をさらに含む、

前記画像再構成方法が、補正された前記 X 線画像を前記ディスプレイデバイスに表示す  
ることをさらに含む、請求項 1 1 から 1 3 のいずれか一項に記載のイメージングデバイ  
ス。

【請求項 1 5】

前記画像再構成方法が、前記金属アーチファクト画像、又は前記金属アーチファクト画  
像から導出された画像を、前記ディスプレイデバイスに表示することをさらに含む、請求  
項 1 4 に記載のイメージングデバイス。

【請求項 1 6】

前記画像再構成方法が、前記金属アーチファクト画像によって描かれた金属物体に関す  
る情報を決定するために前記金属アーチファクト画像を処理することをさらに含む、請求  
項 1 1 から 1 5 のいずれか一項に記載のイメージングデバイス。

【請求項 1 7】

前記 X 線イメージングデバイスが、コンピュータ断層撮影イメージングデバイス、C ア  
ームイメージングデバイス、又はデジタルラジオグラフィデバイスを含む、請求項 1 1 か  
ら 1 6 のいずれか一項に記載のイメージングデバイス。

【請求項 1 8】

前記 X 線イメージングデバイスが、前記未補正 X 線画像を取得するコンピュータ断層撮  
影ガントリと、陽電子放出断層撮影ガントリとを有する陽電子放出断層撮影 / コンピユ  
ータ断層撮影イメージングデバイスを含み、

前記非一時的記憶媒体が、前記陽電子放出断層撮影ガントリによって実行される陽電子  
放出断層撮影イメージングにおける減衰補正で使用するために補正された前記 X 線画像か  
ら減衰マップを発生するための前記電子プロセッサにより読取り可能及び実行可能な命  
令をさらに格納する、請求項 1 1 から 1 6 のいずれか一項に記載のイメージングデバイ  
ス。

10

20

30

40

50

## 【請求項 19】

X線イメージングデバイスを使用して、未補正X線画像を取得するステップと、  
金属アーチファクト画像を発生するために前記未補正X線画像に訓練されたニューラルネットワークを適用するステップと、

前記未補正X線画像から前記金属アーチファクト画像を減じることによって、補正されたX線画像を発生するステップと

を有するイメージング方法であって、

前記取得するステップ、前記適用するステップ、及び前記発生するステップが、電子プロセッサによって実行される、イメージング方法。

## 【請求項 20】

前記ニューラルネットワークが、前記未補正X線画像にわたってグローバル接続を行うのに有効な層数及びカーネルサイズを有する、請求項19に記載のイメージング方法。

## 【請求項 21】

前記イメージング方法には、前記未補正X線画像に訓練された前記ニューラルネットワークを適用して前記金属アーチファクト画像を発生し、前記未補正X線画像から前記金属アーチファクト画像を減じることによって補正された前記X線画像を発生することによるもの以外のいかなる金属アーチファクト補正も含まれない、請求項19又は20に記載のイメージング方法。

## 【請求項 22】

前記未補正X線画像が3次元未補正X線画像であり、訓練された前記ニューラルネットワークが、前記金属アーチファクト画像を3次元金属アーチファクト画像として発生するために前記3次元未補正X線画像に適用され、補正された前記X線画像が、前記3次元未補正X線画像から前記3次元金属アーチファクト画像を減じることによって発生される、請求項19から21のいずれか一項に記載のイメージング方法。

## 【請求項 23】

多エネルギー訓練X線画像  $p_j$  を変換するように前記ニューラルネットワークを訓練するステップをさらに有し、ここで、 $j$  はそれぞれの金属アーチファクト画像  $a_j$  と一致するように前記訓練X線画像をインデクス付けし、 $p_j = m_j + a_j$  であり、ここで、画像成分  $m_j$  は、金属アーチファクトのないX線画像である、請求項19から22のいずれか一項に記載のイメージング方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

[0001] 以下は、一般に、X線イメージング、X線イメージングデータ再構成、コンピュータ断層撮影（CT）イメージング、Cアームイメージング又は他の断層撮影X線イメージング技法、デジタルラジオグラフィ（DR）、及び医療X線イメージング、X線イメージングを使用する画像ガイド下治療（IGT）、陽電子放出断層撮影（PET）/CTイメージング、及び同様の用途に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

[0002] 金属は、多くの臨床シナリオにおけるCT又は他のX線スキャン視野（FOV）に存在し、例えば、脊椎手術後の椎弓根ねじ及びロッド、人工股関節全置換術後の金属ボール及びソケット、頭部手術後のねじ及びプレート/メッシュ、Cアームなどを介した心臓スキャン中に存在する埋込み型心臓ペースメーカー、金属を含むカテーテルなどのIGTで使用される介入器具、などが存在する。重大なアーチファクトが金属物体によって導入され、それは、多くの場合、再構成されたボリュームに、ストリーク、「ブルーミング」、及び/又はシェーディングとして現われる。そのようなアーチファクトは、多くの場合医療X線イメージングの関心領域である、特に金属物体に隣接する領域の大幅なCT値シフト及び組織の視認性の低下をもたらす。金属アーチファクトの原因には、データ取得におけるビーム硬化、パーシャルボリューム効果、光子不足、及び散乱放射が含まれる

10

20

30

40

50

。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

【0003】 金属アーチファクト低減方法は、一般に、金属アーチファクトによって影響を受けた投影データを、補間を介して周囲の投影サンプルに基づいて合成済み投影で置き換える。いくつかの技法では、追加の補正が第2のパスで適用される。そのような手法は、一般に、金属構成要素をセグメント化することと、金属投影を合成済み投影で置き換えることとを必要とし、そのため、エラーを招き、金属によって不明瞭にされた細部を見逃すことがある。その上、金属アーチファクトを抑制するように作用する技法はまた、金属物体に関する有用な情報を除去するように作用することがある。例えば、金属プロテーゼの装着中に、X線イメージングを使用して、プロテーゼの場所及び方位を視覚化することができ、解剖学的画像品質を改善するためにプロテーゼに関するこの情報を抑制することは望ましくない。

10

【0004】

【0004】 以下で、特定の改善が開示される。

【課題を解決するための手段】

【0005】

【0005】 本明細書で開示されるいくつかの実施形態では、非一時的記憶媒体は、画像再構成方法を実行するための電子プロセッサによって読取り可能及び実行可能な命令を格納し、画像補正方法は、未補正X線画像を発生するためにX線投影データを再構成することと、金属アーチファクト画像を発生するために未補正X線画像にニューラルネットワークを適用することと、未補正X線画像から金属アーチファクト画像を減じることによって、補正されたX線画像を発生することを含む。ニューラルネットワークは、金属アーチファクトを含む画像コンテンツを抽出するように訓練されている。

20

【0006】

【0006】 本明細書で開示されるいくつかの実施形態では、イメージングデバイスが開示される。X線イメージングデバイスは、未補正X線画像を取得するように構成される。画像再構成デバイスは、電子プロセッサと、画像再構成方法を実行するための電子プロセッサによって読取り可能及び実行可能な命令を格納する非一時的記憶媒体とを含み、画像補正方法は、金属アーチファクト画像を発生するために未補正X線画像にニューラルネットワークを適用することと、ニューラルネットワークが、金属アーチファクトを含む残差画像コンテンツを抽出するように訓練されている、適用することと、未補正X線画像から金属アーチファクト画像を減じることによって、補正されたX線画像を発生することを含む。

30

【0007】

【0007】 本明細書で開示されるいくつかの実施形態では、イメージング方法が開示される。未補正X線画像が、X線イメージングデバイスを使用して取得される。訓練されたニューラルネットワークが、金属アーチファクト画像を発生するために未補正X線画像に適用される。補正されたX線画像が、未補正X線画像から金属アーチファクト画像を減じることによって発生される。訓練するステップ、適用するステップ、及び発生するステップが、電子プロセッサによって適切に実行される。いくつかの実施形態では、ニューラルネットワークは、多エネルギー訓練X線画像  $p_j$  を変換するように訓練され、ここで、 $j$  は、それぞれの金属アーチファクト画像  $a_j$  と一致するように訓練X線画像をインデクス付けし、ここで、 $p_j = m_j + a_j$  であり、ここで、画像成分  $m_j$  は、単一エネルギーX線画像である。

40

【0008】

【0008】 1つの利点は、X線イメージングにおける計算的に効率的な金属アーチファクト抑制を提供することにある。

【0009】

50

[0009] 別の利点は、金属アーチファクト抑制を実行する際に、2次元又は3次元のX線断層画像に含まれる情報を効果的に利用するX線イメージングにおける金属アーチファクト抑制を提供することにある。

【0010】

[0010] 別の利点は、金属アーチファクトを生成する金属物体のアプリオリのセグメンテーションの必要なしに、X線イメージングにおける金属アーチファクト抑制を提供することにある。

【0011】

[0011] 別の利点は、画像の大部分にわたるか又はさらに画像全体にわたる金属アーチファクトの原因を全体的に明らかにするために画像全体に作用するX線イメージングにおける金属アーチファクト抑制を提供することにある。

10

【0012】

[0012] 別の利点は、金属アーチファクトを生成している金属物体に関する情報、例えば、その場所、空間的広がり、構成などのような情報を提供するのに十分な、抑制された金属アーチファクトに関する情報を保持すると同時に、X線イメージングにおける金属アーチファクト抑制を提供することにある。

【0013】

[0013] 別の利点は、金属物体のセグメント化と、対応する金属アーチファクト画像の生成とを並行して行うX線イメージングにおける金属アーチファクト抑制を提供することにある。

20

【0014】

[0014] 所与の実施形態は、前述の利点のいくつかを提供し、及び/又は本開示を読み理解する際に当業者に明らかになる他の利点を提供することができる。

【0015】

[0015] 本発明は、様々な構成要素及び構成要素の構成、並びに様々なステップ及びステップの構成の形態をとることができる。図面は、単に好ましい実施形態を例証する目的のものであり、本発明を限定するものとして解釈すべきではない。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】[0016] 本明細書で開示される金属アーチファクト抑制を含み、画像ガイド下治療(iGT)システムの例示のCアームイメージャとの関連で例示的に示されたX線イメージングデバイスを概略的に示す図である。

30

【図2】[0017] テストで使用される2つの例示のファントムを概略的に示す図である。

【図3】[0018] 本明細書で説明されるテスト中に図2のファントムに対して発生された画像を提示する図である。

【図4】本明細書で説明されるテスト中に図2のファントムに対して発生された画像を提示する図である。

【図5】本明細書で説明されるテスト中に図2のファントムに対して発生された画像を提示する図である。

【図6】[0019] 図1のX線イメージングデバイスによって適切に実行される方法を示す図である。

40

【図7】[0020] X線画像の区域にわたる受容区域を提供するためのニューラルネットワークの構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

[0021] 図1を参照すると、画像ガイド下治療(iGT)で使用するための例示のX線イメージングデバイス10は、Cアーム構成を有し、X線検出器アレイ16によって検出される検査区域14を通してX線ビームを投影するように構成されたX線源(例えば、X線管)12を含む。動作中、オーバーヘッドガントリ又は他のロボットマニピュレータシステム18は、イメージングのために検査区域14の検査テーブル20に配される対象者

50

( 図示せず、例えば、医療患者 ) が配置されるように X 線ハードウェア 1 2、1 6 を配列する。X 線イメージングデータ取得の間、X 線源 1 2 を操作して、対象者を通して X 線ビームを投影し、その結果、X 線検出器アレイ 1 6 によって検出された X 線強度は、対象者による X 線の吸収を反映する。ロボットマニピュレータ 1 8 は、断層撮影 X 線投影データを得るために、C アームを回転させるか、又はそうでなければ X 線ハードウェア 1 2、1 6 の位置を操作する。コンピュータ又は他の電子データ処理デバイス 2 2 は、本明細書で開示される画像補正を含む画像再構成方法 2 6 を実行するために、非一時的記憶媒体 2 4 に格納された命令 ( 例えば、コンピュータソフトウェア又はファームウェア ) を読み取り実行する。この方法 2 6 は、未補正 X 線画像 3 0 を発生するために、X 線投影データの再構成 2 8 を実行するステップを有する。この未補正 X 線画像 3 0 は、本明細書で開示されるように、金属アーチファクトを含む画像コンテンツを抽出するように訓練されているニューラルネットワーク 3 2 に入力される。それにより、未補正 X 線画像 3 0 へのニューラルネットワーク 3 2 の適用は、未補正 X 線画像 3 0 の金属アーチファクトコンテンツを含む金属アーチファクト画像 3 4 を発生するように動作する。画像減算操作 3 6 において、金属アーチファクト画像 3 4 が未補正 X 線画像 3 0 から減じられて、金属アーチファクトが抑制されている補正された X 線画像 4 0 が発生される。

10

20

30

40

**【 0 0 1 8 】**

[0022] 例示の用途では、X 線イメージングデバイス 1 0 は、画像ガイド下治療 ( i G T ) で使用される。この例示の用途では、補正された X 線画像 4 0 は、画像ガイダンス下で治療を受けている解剖学的組織のより正確な描画を提供するので、有用な出力である。その上、i G T の状況では、金属アーチファクト画像 3 4 も有用であることが理解されよう。これが、図 1 の方法 2 6 では、操作 4 2 によって概略的に表されており、操作 4 2 は、例えば、表された金属物体を突き止め、セグメント化し、及び / 又は分類することを含む。例えば、金属アーチファクト画像 3 4 に捕捉された金属アーチファクトを生じさせる金属物体は、位置及び方位が X 線イメージングデバイス 1 0 によって提供される画像ガイダンスによって視覚化され得る金属プロテーゼ ( 例えば、金属置換股関節又は膝プロテーゼ ) である。プロテーゼ埋込み i G T の場合、プロテーゼの詳細な形状は多くの場合分かっており、その場合、金属アーチファクト画像 3 4 が、金属物体 ( 例えば、プロテーゼ ) をセグメント化するために処理され、次いで、プロテーゼのアプリオリに分かっている正確な形状が、金属アーチファクト画像のセグメント化金属物体 ( 例えば、プロテーゼ ) のエッジのシャープさを改善するために置き換えられる。有利には、金属物体は、金属アーチファクト画像 3 4 が、主として、未補正 X 線画像 3 0 の残りの部分から分離して金属アーチファクトを表すので、金属アーチファクト画像 3 4 においてより容易にセグメント化される。追加として、金属アーチファクト画像 3 4 は、未補正 X 線画像 3 0 からニューラルネットワーク 3 2 の操作によって導出されるので、本質的に、未補正 X 線画像 3 0 と空間的に位置合わせされている。金属アーチファクトはまた、補正された X 線画像 4 0 において配置又はセグメント化されている。ハイブリッド手法では、金属アーチファクト画像 3 4 が、金属アーチファクトの初期の近似の境界を決定するために使用され、この境界は、次いで、金属アーチファクトのよりシャープな境界を示す補正された X 線画像 4 0 を使用してこの初期の境界を調節することによって改良される。さらなる別の用途では、金属アーチファクト画像 3 4 は、金属アーチファクトが画像中でどのように分配されているかを示し、金属アーチファクト画像 3 4 によって捕捉されたアーチファクトマッピングに診断情報がないことをユーザが視覚的に確認できるようにするためにディスプレイ 4 6 に表示される。

**【 0 0 1 9 】**

[0023] 別の例では、金属物体が、詳細構造の不明な以前に取り付けられたインプラントである場合、金属アーチファクト画像 3 4 の密度を考慮することによって、金属物体を金属タイプに応じて分類すること、並びに患者の体内での物体の形状、サイズ、及び方位を推定することが可能である。

**【 0 0 2 0 】**

50

[0024] 操作 4 4 において、例示の i G T 用途では、補正された X 線画像 4 0 は、金属アーチファクト画像 3 4 (又は金属アーチファクト画像 3 4 から導出された画像)と融合されるか又はそうでなければ結合されて、外科医又は他の医療関係者による診察のためにディスプレイ 4 6 に適切に示される i G T ガイダンス表示が発生される。

#### 【 0 0 2 1 】

[0025] 図 1 は、C アームイメージャ 1 0 が i G T で使用される 1 つの例示的な実施形態を概略的に示していることを理解されたい。より一般的には、X 線イメージングデバイスは、例示の C アームイメージャとすることができる。又は、X 線イメージングデバイスは、代替として、C T ガントリ 1 0 2 及び P E T ガントリ 1 0 4 を有する図示の陽電子放出断層撮影 / コンピュータ断層撮影 ( P E T / C T ) イメージングデバイス 1 0 0 とすることができ、ここで、C T ガントリ 1 0 2 は C T 画像を取得し、それは、P E T ガントリ 1 0 4 を介して P E T イメージングの減衰マップを発生するために使用される前に、本明細書で開示されるように金属アーチファクトに対して補正される。又は、X 線イメージングデバイスは、デジタルラジオグラフィ ( D R ) デバイスなどの別の断層撮影 X 線イメージングデバイス (さらなる例は図示せず)、若しくは未補正 X 線画像 3 0 を出力する他の X 線イメージングデバイスとすることができる。i G T が例示の用途として示されているが、補正された X 線画像 4 0 は、非常に多くの他の用途を有する。例えば、「ハイブリッド」P E T / C T イメージングデバイスとの関連では、補正された X 線画像 4 0 は、P E T イメージング中に使用するための減衰マップを発生するために使用されてもよい。残差金属アーチファクトを有する C T 画像と比較して、補正された C T 画像は、P E T 画像再構成で使用するためのより正確な減衰マップをもたらし、その結果として、より高い画像品質の P E T 画像をもたらす。一般的な臨床診断では、C アーム X 線イメージャなどを使用して得られた補正されたデジタル放射線写真、補正された C T 画像、補正された心臓画像などの形態の補正された X 線画像 4 0 は、有利には、金属アーチファクトの抑制のおかげで診断又は臨床解釈に使用される。

#### 【 0 0 2 2 】

[0026] 訓練されたニューラルネットワーク 3 2 を未補正 X 線画像 3 0 に適用することによって生成された金属アーチファクト画像 3 4 は、残差画像、すなわち、金属アーチファクトの画像である。したがって、残差画像 3 4 が未補正 X 線画像 3 0 から減じられて、補正された X 線画像 4 0 が発生される。この残差画像手法には、ニューラルネットワーク 3 2 の訓練を改善することと、それ自体で役に立つ又は補正された X 線画像 4 0 と組み合わせて役に立つ金属アーチファクト (すなわち、残差) 画像 3 4 を提供することとを含む特定の利点がある。

#### 【 0 0 2 3 】

[0027] 以下に、いくつかの例証となる例が記載される。

#### 【 0 0 2 4 】

[0028] 例証となる例では、ニューラルネットワーク 3 2 は、畳み込みニューラルネットワーク ( C N N ) タイプの修正された V G G ネットワークである (例えば、Simon yan らの「Very deep convolutional networks for large-scale image recognition」、arXiv Prepr. arXiv 1409.1556 (1409) (ICLR 2015) を参照)。ネットワークの深さは、所望の受容野に応じて設定され、例えば、ニューラルネットワーク 3 2 は、未補正 X 線画像 3 0 にわたってグローバル接続を行うのに有効な層数及びカーネルサイズを有する。残差学習定式化が使用される。

#### 【 0 0 2 5 】

[0029] 本明細書で報告される例証となる例では、訓練セットの各入力データは、1 2 8 ピクセル × 1 2 8 ピクセルの 2 次元 ( 2 D ) 画像である。畳み込みフィルタのサイズは 3 × 3 に設定されるが、すべてのプーリング層が除去される。金属アーチファクトは、一般に、金属物体から長い距離にわたって延びた暗い又はブルーミングテクスチャとして現われる。それゆえに、大きい受容野が有利であると予想される。4 の拡張係数 ( d i l a

10

20

30

40

50

t e f a c t o r ) が利用され、畳み込み層の深さは、未補正 X 線画像 30 にわたってグローバル接続を行うために画像全体をほとんどカバーする  $126 \times 126$  の受容野を作り出すために、 $d = 22$  になるように選ばれた。

【0026】

[0030] 例示の CNN の最初の畳み込み層はサイズ  $3 \times 3$  の 64 個のフィルタで構成され、層 2 ~ 21 は、各々、4 の拡張係数をもつサイズ  $3 \times 3 \times 64$  の 64 個のフィルタで構成され、最後の層は、サイズ  $3 \times 3 \times 64$  の単一のフィルタで構成される。最初の層及び最後の層を除いて、各畳み込み層は、その後に、訓練を高速化するために並びに性能を增强するために含まれるパッチ正規化と、非線形性を導入するために使用される正規化線形ユニット (ReLU) とが続く。正しいデータ次元を維持するために、ゼロパディングが各畳み込み層で実行される。

10

【0027】

[0031] 訓練の目的で、CNN (p) への各入力訓練画像 p は、多色 (言い換えると、多エネルギー) シミュレーション及び再構成からの 2D 画像である。訓練画像 p は、 $p = m + a$  と分解され、ここで、m は、単色シミュレーションから再構成された画像などの金属アーチファクトなしの X 線画像であると見なされ、a は、金属アーチファクト画像成分である。残差学習定式化が、残差マッピング  $T(p) \rightarrow a$  を訓練するために適用され、そこから、所望の信号 m が、 $m = p - T(p)$  として決定される。CNN パラメータは、以下の損失関数を最小化することによって推定される。

20

【数 1】

$$L(w) = \sum_j (\| \text{Mask}(T(p; w)_j - a_j) \|_2^2 + \lambda_1 \| \text{Mask}(\nabla T(p; w)_j) \|_1) + \lambda_2 \sum_k \| w_k \|_2^2 \quad (1)$$

ここで、Mask は金属領域以外の画像を選択する関数である。そのようなマスクを使用すると、コスト関数が目に見える金属アーチファクトの領域にさらに集中すると予想されるので、訓練における収束がより速くなると予想される。パラメータ w は、すべての層のすべての畳み込みカーネルのセットであり、 $k = 1, \dots, 22$  は層インデックスを表す。正則化項は、円滑な金属アーチファクト及び小さいネットワークカーネルを助長する。本明細書で報告される例は、正則化パラメータ  $\lambda_1 = 10^{-4}$ 、 $\lambda_2 = 10^{-3}$  を使用した。

30

【数 2】

$$\{(p_j, a_j)\}_{j=1}^N$$

40

は、入力画像とラベル画像との N 個の訓練ペアを表し、ここで、j は、訓練ユニットのインデックスである。正則化項  $\lambda_1 \| \text{Mask}(T(p; w)_j) \|_1$  は平滑化を与え、一方、正則化項

【数 3】

$$\lambda_2 \sum_k \|w_k\|_2^2$$

は、より大きいネットワークカーネルにペナルティーを課す。

【0028】

【0032】 損失関数  $L(w)$  の最小化は、確率的勾配降下法 (SGD) による従来の誤差逆伝搬を使用して実行された。SGDでは、初期学習率は  $10^{-3}$  に設定され、学習率は連続的に  $10^{-5}$  まで低下した。サイズ10のミニバッチが使用された。それは、10個のランダムに選ばれたデータセットが訓練のためのバッチとして使用されたことを意味する。この方法は、MatConvNetを使用してMATLAB (登録商標) (Math Works、Natick MA) で実施された (例えば、Vedaldiら、「MatConvNet - Convolutional Neural Networks for MATLAB (登録商標)」、Arxiv (2014) を参照)。

10

【0029】

【0033】 次に図2を参照すると、訓練セットを発生するために、金属物体を含むデジタルファントムの単色及び多色投影 (言い換えると、単及び多エネルギー投影) がシミュレートされた。図2に示されるように、CNN訓練セットが、横断面内の外科用ねじ50 (a: 図2の左側の画像)、又は頭尾方向に沿った2つの金属ロッドプラント52、54 (b: 図2の右側の画像) のいずれかを含むデジタルファントムから発生された。グレースケールウィンドウは、 $[-400, 400]$  HUであった。評価のために、ナイロンファントム本体にチタンロッド及びステンレス鋼ロッドを含む物理的ファントム (図示せず) をCTスキャナでスキャンして、訓練されたニューラルネットワークの性能を評価した。シミュレーションパラメータは、スライス当たり672個の検出器を有しており、1つのガントリ回転に対して1200個の投影を取得する Philips Brilliance iCTスキャナ (Philips Healthcare、Highland Heights OH) の特性を模倣するように選ばれた。シミュレーションは、120kVpの管電圧において軸スキャンモードで実行された。2つのシナリオ、すなわち、(i) 横断面内の外科用ねじ50の存在 (図2の左側の画像)、及び(ii) 頭尾方向に沿った2つの金属ロッドプラント52、54の存在 (図2の右側の画像) が考慮された。デジタルファントムは、さらに、本体減衰をシミュレートするために水楕円部56 (長軸 150 mm、短軸 120 mm) を含む。比較的低いコントラストの物体が存在する状態での提案する方法の性能を検討するために、円形挿入物 (直径 50 mm、水よりも高い減衰 100 HU) が、さらに、追加された。金属材料は、シミュレーションではチタンであると仮定された。単色投影は、入射 X 線スペクトルの 71 kV の実効エネルギーを仮定してシミュレートされた。多色投影は、

20

30

$$I = \int_E I_0(E) \exp(-\int_1 \mu(E) dl) dE \quad (2)$$

40

に従ってシミュレートされた。ここで、 $I_0(E)$  は、入射 X 線スペクトルを光子エネルギー  $E$  の関数として表し、 $I$  は、全透過強度であり、 $l$  は、カスタムのグラフィカルプロセッサユニット (GPU) ベースのフォワードプロジェクタを使用して計算された経路長である。次いで、シミュレートされた単色及び多色投影は3次元 (3D) フィルタ逆投影 (FBP) を使用して再構成されて、それぞれ、「モノ」画像 (グラウンドトゥルスと見なされる) 及び「ポリ」画像 (金属アーチファクトを含む) が形成される。「ポリ」画像は入力信号  $s$  として使用された。「モノ」と「ポリ」との間の差画像が、CNNの訓練で残差信号  $r$  として使用された。再構成画像は、スライスごとに  $512 \times 512$  ピクセル及び  $250$  mm の FOV を有する。

【0030】

50

[0034] 訓練セットは、「ねじ」及び「ロッド」によって構成された。「ねじ」セットは、ねじ50をx方向及びy方向の各々に-80mmから80mmまで平行移動させ、ねじ50を180度までカバーしてz軸のまわりに回転させ、一緒に1024の場合の物体変動を形成することによって発生された。「ロッド」セットは、2つのロッド52、54をx方向及びy方向の各々に-60mmから60mmまで平行移動させ、180度までカバーしてz軸のまわりに回転させ、2つのロッド52、54の間の距離を40mmから150mmまで変え、一緒に1280の場合の物体変動を形成することによって発生された。合計で $1024 + 1280 = 2304$ セットが、提案するネットワークを訓練するために使用された。訓練での集約的計算のために、各再構成画像は、 $128 \times 128$ ピクセルにダウンサンプリングされた。全訓練時間は、GPU (GeForce TITAN X, Nvidia, Santa Clara CA) をもつワークステーション (Precision T7600, Dell, Round Rock TX) で4時間であった。

#### 【0031】

[0035] 訓練されたネットワークが、シミュレートされたデータと実験的に測定されたデータとの両方でテストされた。テスト投影は、訓練セットに含まれていないやり方で、ねじ50又はロッド52、54が平行移動、回転、分離された(ロッドシナリオに対してのみ)場合にシミュレートされた。テスト投影から再構成された「ポリ」画像は、CNNの入力として使用され、「モノ」画像は、CNNの出力と比較するためにグラウンドトゥールースとして使用された。加えて、大きい整形外科金属インプラントを模倣するように設計されたカスタムファントムが、Philips Brilliance iCTスキャナでスキャンされた。ファントムは、200mm直径のナイロンファントム本体にチタンロッド及びステンレス鋼ロッド(整形外科インプラントのために一般に使用される2つの金属)を含む。スキャンは、10mmコリメーション(散乱の影響を最小にするように選ばれた狭いコリメーション)、120kVp管電圧、及び500mA管電流を用いて軸モデルで実行された。 $128 \times 128$ ピクセル及び250mm再構成FOVをもつ金属アーチファクトを含む画像が、スキャナの金属アーチファクト減少アルゴリズムを故意に無効にすることによって得られ、CNN入力として使用された。

#### 【0032】

[0036] 図3を参照すると、ねじシナリオの結果が示されている。図3の各行は、ねじ50の平行移動と回転の特定の組合せの一例を表す。「多色」画像(多色X線を使用してシミュレートされた投影から再構成された)は、厳しいシェーディング及び「ブルーミング」を示した。これらのアーチファクトは、「CNN出力」(アーチファクト)とラベル付けされた図3の第2の列で分かるように、訓練されたニューラルネットワークによって検出された。図3の第3の列は、「多色」画像から「CNN出力」画像を減じることによって得られた「CNN補正された」画像を示す。「CNN補正された」画像で分かるように、金属アーチファクトは、CNN補正された画像ではほとんど完全に除去されており、挿入物の輪郭情報を含む減衰情報の回復がもたらされた。「単色」画像(単色X線を使用してシミュレートされた投影から再構成され、テストのための「グラウンドトゥールース」画像として役立つ)と比較すると、若干の残差アーチファクトが見られ、訓練セットのサイズを増加させることによって潜在的に低減される可能性がある。CNN補正速度は、毎秒約80画像であった。

#### 【0033】

[0037] 図4を参照すると、ロッドシナリオの結果が示されている。図4の各行は、2つのロッド52、54の平行移動、回転、及び2つのロッド52、54の間の分離の特定の組合せの一例を表す。ねじシナリオと同様に、「多色」画像(左端の列)に見られるシェーディング及びストリークなどの金属アーチファクトは、「多色」画像から「CNN出力(アーチファクト)」画像(左から2番目の列)を減じることによって発生された「CNN補正された」画像ではほぼ完全に除去された。右端の列は再び、比較のためのグラウンドトゥールース「単色」画像を示す。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 4 】

【0038】 図5を参照すると、物理的なファントムのイメージングの結果が示されている。左側の画像(a)は未補正CT画像であり、一方、右側の画像(b)はCNN補正された画像である。スキャンで使用された物理的なファントムは、ファントム本体の形状及び材料(ナイロン対水)と、金属ロッドのサイズ及び材料(ステンレス鋼及びチタン対チタンのみ)とを含む、訓練で使用されるデジタルロッドファントムからの物体変動にいくつかの相違を提示する。金属アーチファクト補正なしに測定データを使用して再構成された画像(左側の画像(a))は、厳しいシェーディング及びストリークを示す。これらのアーチファクトは、CNN補正された画像(右側の画像(b))では大きく低減され、ファントム本体により均一な画像がもたらされた。残差アーチファクトは、金属材料依存性、

10

## 【 0 0 3 5 】

【0039】 開示する深層残差学習フレームワークは、CT画像(又は、より一般的には、X線画像)の金属アーチファクトを検出及び補正するために深層畳み込みニューラルネットワーク32を訓練する。多色シミュレーションデータによって訓練された残差ネットワークは、ビーム硬化効果によって引き起こされる金属アーチファクトを大きく低減するか又は場合によってはほとんど完全に除去する能力を実証している。

## 【 0 0 3 6 】

【0040】 本明細書で提示された図3~図5の結果は単に例示であること、及び多数の変形が考えられることを理解されたい。例えば、式(1)の損失関数 $L(w)$ は、ニューラルネットワーク出力 $T(p)$ とグラウンドトゥルスアーチファクト画像 $a$ との間の差を効果的に定量化する他の損失関数と置き換えられてもよい。例示の訓練では、単色画像はビーム硬化又はブルーミングなどの金属アーチファクト機構によって実質的に影響されないの、単色画像をグラウンドトゥルスとしてシミュレートする能力が活用された。しかしながら、より一般的には、他の訓練データソースを活用することができる。例えば、ファントム又は人間のイメージング対象者から取得された訓練画像を計算集約的金属アーチファクト除去アルゴリズムで処理して、ニューラルネットワーク32の訓練のための訓練データを生成し、それによって、大幅に低減された計算コストで計算集約的金属アーチファクト除去アルゴリズムのアーチファクト除去機能を効果的に実行し、それにより、

金属アーチファクト除去によるより効率的な画像再構成を提供することができる。上記のように、実験では、CNN補正速度は、毎秒約80画像であった。これは、iGT手順中にCアーム10(例えば、図1)によって発生された「ライブ」画像を補正する際に使用するのに有用である。さらに、図3及び図4で分かるように、金属アーチファクト画像(図3及び図4の左からの2番目の列)は、金属アーチファクトの効果的にセグメント化された表現を提供している。この画像は、アーチファクトの原因となる金属物体の実際の境界と比較して、ブルーミング又は他の歪みを示しているが、金属アーチファクト画像は金属物体の分離画像を提供し、それを、例えば、分かっている金属物体形状に適合させて、iGT手順中に操作されるべき生検針、金属プロテーゼ、又は他の分かっている金属物体の正確なライブ追跡を可能にすることが分かる。1つの手法では、補正されたX線画像40

は、金属アーチファクト画像34とともにディスプレイ46に表示される(又は金属アーチファクト画像34から導出された画像、例えば、金属アーチファクト画像34と空間的に位置合わせされるように位置づけられた下にある金属物体の画像などが、さらに、ディスプレイ46に表示される、例えば、補正されたX線画像40の表示の上に重ね合わされるか、又はそうでなければ融合される)。別の用途として、金属アーチファクト画像34に捕捉された金属物体の画像の密度(又はブルーミングの範囲などの他の情報)が、金属物体を金属タイプに応じて分類するために使用されてもよく、又は金属アーチファクト画像34によって描かれた金属物体が、形状に基づいて識別されてもよい、など。いくつかの実施形態では、Walker等の米国特許出願公開第2012/0046971A1号(2012年2月23日に公開された)に開示されているものなどの識別手法が使用され

20

30

40

50

てもよい。いくつかの実施形態では、iGT又は他のタイムクリティカルなイメージングタスクのライブイメージングの処理速度を最大にするために、画像再構成方法26には、未補正X線画像30にニューラルネットワーク32を適用して金属アーチファクト画像34を発生し、未補正X線画像から金属アーチファクト画像を減じることによって、補正されたX線画像40を発生することによるもの以外のいかなる金属アーチファクト補正も含まれない。

【0037】

[0041] 例証となる例(例えば、図3~図5)では、処理は2D画像で実行された。しかしながら、他の考えられる実施形態では、未補正X線画像30は、3次元(3D)未補正X線画像であり、ニューラルネットワーク32が3次元未補正X線画像に適用されて、金属アーチファクト画像34が3次元金属アーチファクト画像として発生される。この手法は、ストリーク、ブルーミング、及び他の金属アーチファクトが、一般に、3次的に延び、したがって、3D空間の3D未補正X線画像30の処理によって最も効果的に補正される(それを2Dスライスに分断し、2D画像スライスを個別に処理するのは対照的に)ので有利である。

10

【0038】

[0042] 図6を参照すると、図1のX線イメージングデバイスによって適切に実行される例示の方法が、流れ図を介して示される。操作S1において、X線投影データが、未補正X線画像30を発生するために再構成される。操作S2において、金属アーチファクトを含む画像コンテンツを抽出するように訓練されたニューラルネットワーク32が、金属アーチファクト画像34を発生するために、未補正X線画像30に適用される。操作S3において、補正されたX線画像40が、未補正X線画像30から金属アーチファクト画像34を減じることによって発生される。操作S4において、補正されたX線画像40が、ディスプレイ46に表示される。

20

【0039】

[0043] 図7を参照すると、前記のように、ニューラルネットワーク32の深さは、受容野が、処理されているX線画像30の区域にわたるように設定されることが好ましい。言い換えれば、ニューラルネットワーク32は、未補正X線画像30にわたってグローバル接続を行うのに有効な層数及びカーネルサイズを有することが好ましい。図7は、128×128ピクセルの画像区域にわたっている所望の受容野を有するようにニューラルネットワーク32を設計するための手法を示す。これは単に例証となる例であり、他のニューラルネットワーク構成が使用されてもよい、例えば、同等の受容区域が、より大きいカーネルサイズ及び/又は拡張係数によってオフセットされたより少ない層を使用して得られてもよい。ニューラルネットワーク32の受容野がX線画像の区域を包含することは、金属アーチファクトが、多くの場合、X線画像区域のほとんどにわたって延びるか、又は場合によっては画像全体にわたって延びるストリーク若しくは他のアーチファクト特徴を含むので有利である。X線画像の区域にわたる(すなわち、それを包含する、それと同一の広がりをもつ)受容区域を有するように、訓練されたニューラルネットワーク32を構成することによって、ニューラルネットワーク32は、これらの大面積の金属アーチファクト特徴を捕捉する残差画像34を効果的に発生することができる。

30

40

【0040】

[0044] 本発明が、好ましい実施形態を参照して説明された。先の詳細な説明を読み理解する際に、変更及び改変を他者が思いつくことがある。例示的な実施形態は、すべてのそのような変更及び改変が添付の特許請求の範囲又はその等価物の範囲内にある限り、すべてのそのような変更及び改変を含むと解釈されることが意図される。

【 図 1 】

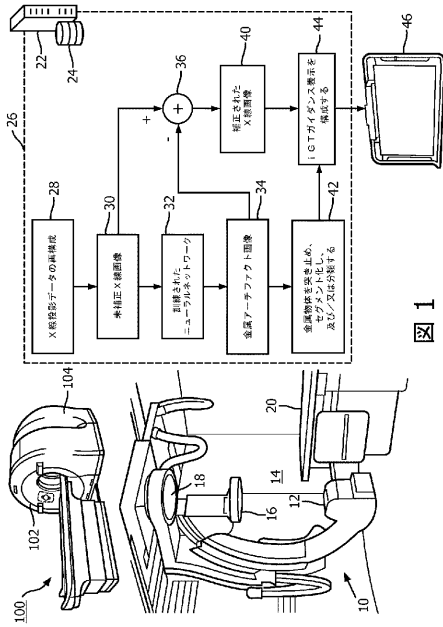
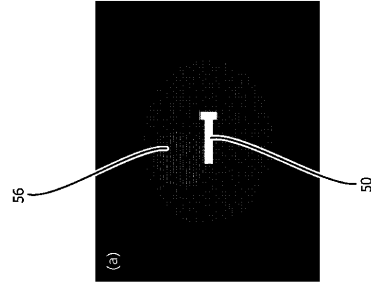
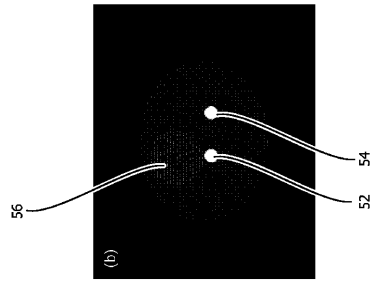


図 1

【 図 2 ( a ) 】



【 図 2 ( b ) 】



【 図 3 】

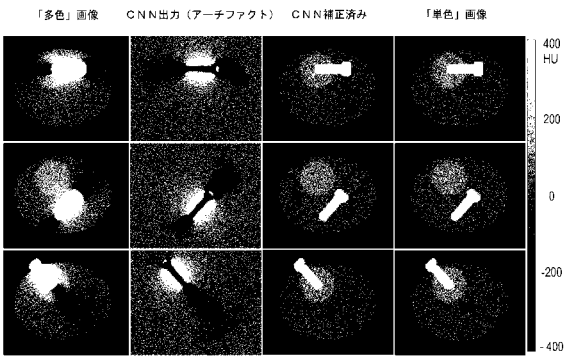


図 3

【 図 5 】

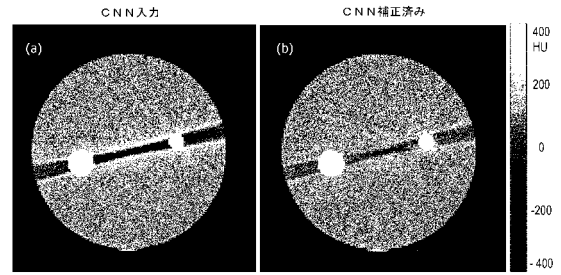


図 5

【 図 4 】

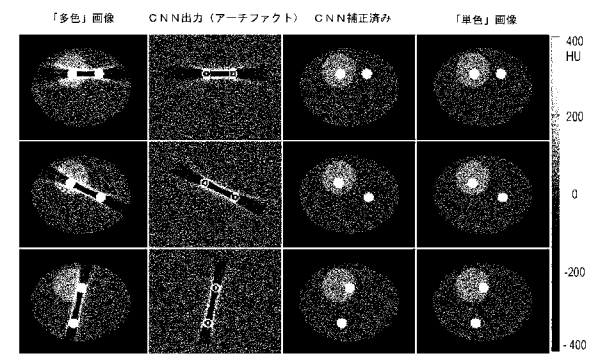


図 4

【 図 6 】

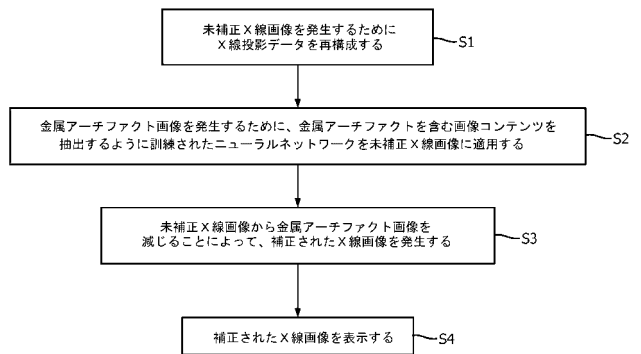


図 6



## 【 国際調査報告 】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/EP2019/050469
---

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> INV. G06T11/00 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G06T		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data, COMPENDEX, INSPEC		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2017/223560 A1 (RENSELAER POLYTECH INST [US]) 28 December 2017 (2017-12-28)  abstract page 1, line 12 - line 17 page 17, line 21 - page 21, line 27 -----	1-5, 8-15, 17, 19-23
X	HYUNG SUK PARK ET AL: "Machine-learning-based nonlinear decomposition of CT images for metal artifact reduction", ARXIV.ORG, CORNELL UNIVERSITY LIBRARY, 201 OLIN LIBRARY CORNELL UNIVERSITY ITHACA, NY 14853, 1 August 2017 (2017-08-01), XP080950801, abstract  ----- -/--	1, 11, 19
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
20 March 2019		27/05/2019
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer
		Leclercq, Philippe

1

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No  
PCT/EP2019/050469

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2017/362585 A1 (WANG GE [US] ET AL) 21 December 2017 (2017-12-21) abstract paragraph [0002] paragraph [0048] - paragraph [0056] -----	1,11,19

1

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/EP2019/050469**Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of Item 2 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1.  Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
2.  Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
  
3.  Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of Item 3 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see additional sheet

1.  As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
  
2.  As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
  
3.  As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
  
4.  No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:  
1-5, 8-15, 17, 19-23

**Remark on Protest**

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2019/050469

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2017223560	A1	28-12-2017	NONE
-----			
US 2017362585	A1	21-12-2017	NONE
-----			

International Application No. PCT/ EP2019/ 050469

**FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210**

This International Searching Authority found multiple (groups of) inventions in this international application, as follows:

1. claims: 1-5, 8-15, 17, 19-23

Method, device and non-transitory storage medium for applying a trained neural network for streaking / metal artifact removal.

---

2. claims: 6, 16

Method and non-transitory storage medium adding the possibility for classifying the different metal types contained in the image to correct.

---

3. claim: 7

Non-transitory storage medium having instructions for identifying the metal objects based on their shape.

---

4. claim: 18

Non-transitory storage medium having instructions for generating an attenuation map after metal artifact / streaking removal used for attenuation correction in a PET image.

---

## フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード(参考)  
A 6 1 B 6/03 3 6 0 Z

(81)指定国・地域 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT

(72)発明者 ダン ハオ

オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス 5

Fターム(参考) 4C093 AA08 AA16 AA22 CA13 EC16 FF34 FF50

4C188 EE02 FF02 FF07 KK32 KK33 LL08

5B057 AA07 BA03 CA08 CA13 CA16 CB08 CB13 CB16 CE02 DB03

DB09

5L096 AA09 DA01 HA08 HA11 KA04