

平成 30 年 6 月 12 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K08694

研究課題名(和文) エネルギー弁別型X線撮影装置の医療応用システムの開発

研究課題名(英文) Development of medical application system of energy discrimination type X-ray imaging apparatus

研究代表者

松本 政雄 (Matsumoto, Masao)

大阪大学・医学系研究科・准教授

研究者番号：50149944

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：二次元CdTe X線画像センサの画質特性であるデジタル特性曲線、MTF、WSを測定し、NEQ、DQEを求めた。また、被写体として、緻密骨、皮質骨、内骨、肺、軟部組織の人体等価ファントムを使用して、エネルギー領域30～75 keV領域で各人体等価ファントムの二次元平面画像を取得間隔は3keVの条件にて測定して、比較した。その結果、二次元CdTe検出器のNEQとDQEは、既知の直接型FPDのNEQ及びDQEと同等の値が得られた。また、人体等価ファントム(緻密骨、皮質骨、内骨、肺、軟部組織)の実効原子番号Zは、9%以内の誤差範囲内で理論値と一致した。

研究成果の概要(英文)：Digital characteristic curves, MTF, WS which are image quality characteristics of 2D CdTe X-ray image sensor were measured and NEQ and DQE were obtained. Also, as a subject, a two-dimensional planar image of each human body equivalent phantom in the energy region 30 to 75 keV in the energy region from 30 to 75 keV is obtained by using a human body equivalent phantom of dense bone, cortical bone, internal bone, lung, soft tissue. The acquisition interval was measured under the condition of 3 keV and compared. As a result, NEQ and DQE of the two-dimensional CdTe detector were equivalent to NEQ and DQE of the known direct type FPD. In addition, the effective atomic number Z of the human body equivalent phantom (dense bone, cortical bone, internal bone, lung, soft tissue) coincided with the theoretical value within the error range within 9%.

研究分野：医学物理学

キーワード：二次元CdTe X線画像センサ 線減弱係数 実効原子番号 画質特性

1. 研究開始当初の背景

ICRP 1990 年勧告で医療被ばくの低減に向けて参考レベルの導入が勧告され、これを受けて IAEA は 1996 年、基本安全基準(BSS)¹⁾の中に、ガイダンスレベルの設定を盛り込んだ。ガイダンスレベルは、頻繁に行われる X 線検査による標準的体格の患者被ばく線量の参考値で、各国の権威が国内での測定調査に基づいて設定するものである。各医療施設において、それぞれの撮影線量を測定してガイダンスレベルと比較することで、撮影線量が不当に多い施設を減らそうとするものである。近年、放射線治療時だけでなく、X 線検査時の患者被ばく線量や IVR 施術者の被ばく線量を低減する必要に迫られ、その正確な測定が求められるとともに、肺がん検診で使用される X 線 CT 装置の被ばくなども問題になっているため、これから臨床現場で X 線撮影装置の被ばく管理及び被ばく教育を確立していく必要がある。

本申請者らは、長年にわたって、高純度 Ge 検出器や CdZnTe 検出器を使って、透視条件や等価的に撮影条件に近い条件で、診断用 X 線装置の一次 X 線及び散乱 X 線のスペクトル及び画像特性を測定してきた²⁾ので、その測定方法に精通し、それらのデータも多量に所有しているため、アナログ装置とデジタル装置の比較研究が容易である。また、CdZnTe 検出器を使って、診断用(一般、乳房、CT) X 線撮影装置のスペクトル及びフラットパネルディテクタ(FPD)などのデジタル画像特性を測定し、X 線画像の画質と被ばく線量との関係を研究してきた³⁾。さらに、高分解能シヨトキー型 CdTe 検出器とカーボン散乱体やアクリル散乱体を組み合わせて、透視・撮影条件下での X 線撮影装置のスペクトル及び FPD や 50 μ のイメージングプレート(IP)

などを使用したデジタル画像特性の測定を行ってきた。この高分解能シヨトキー型 CdTe 検出器とカーボン散乱体やアクリル散乱体を組み合わせて、臨床現場に設置されている X 線撮影装置の透視・撮影条件下で測定可能なスペクトル測定システムも開発してきた⁴⁾。そのため、高分解能シヨトキー型 CdTe 検出器とカーボン散乱体やアクリル散乱体を組み合わせて、透視・撮影条件下での X 線撮影装置のスペクトルを測定し、X 線撮影装置の被ばくを測定することができる。さらに、64ch CdTe 放射線ラインセンサと CdTe フラットパネルディテクタを使用してエネルギー弁別したデジタル画像特性の測定⁵⁾及びファントムなどのファントム画像の撮影データから X 線の線質を改善し、最適な画像特性を見出すための撮影法を確立し、被ばく線量などもモンテカルロ・シミュレーション⁶⁾でも検証して、エネルギー弁別型 X 線撮影装置(CT 装置も含む)の医療応用システムを開発することができる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、まず、(1) 64ch CdTe 放射線ラインセンサと CdTe フラットパネルディテクタの医療応用として、簡単に使用できるエネルギー弁別型 X 線撮影装置(CT 装置も含む)の撮影システムを開発すること、次に、(2) 患者の被ばく線量を低減するために、このエネルギー弁別型 X 線撮影装置(CT 装置も含む)で、ファントム被写体などのファントム画像撮影で得た基礎データから画像による被写体の材質(線減弱係数や実効原子番号)の違いも画像化して、画質と X 線の線質との関係を X 線のスペクトル測定から求め、エネルギー弁別型 X 線撮影装置(CT 装置も含む)の最適な画像特性を見出すための撮影法を開発する。(3) この医療応用システムの骨塩定量法、IVR、CT の電子密度測定などへの応用について明らかにする。

3. 研究の方法 (平成27年度)

1. エネルギー弁別型X線撮影装置(CT装置も含む)の撮影システムの開発(松本、高階)

購入するSID-A25型CdTeフラットパネルディテクタと現有の64ch CdTe放射線ラインセンサ及び位置決めための計測制御システムなどを組み合わせて、エネルギー弁別型X線撮影装置の撮影システムを開発する。現在の臨床現場で使用されている診断用X線装置およびCT装置の透視・撮影条件で使用可能なエネルギー弁別型X線撮影装置の撮影システムを開発し、今後、CT装置で使用される可能性のあるエネルギー弁別による線質の違いも画像化できるので、エネルギーサブトラクションによるデジタル画像の画質の違いも評価できるようにする。

2. エネルギー弁別型X線撮影装置(CT装置も含む)の撮影法の確立(松本、高階)

現有の高分解能シヨトキー型CdTe検出器とカーボン散乱体やアクリル散乱体を組み合わせて、各種透視・撮影条件下のX線スペクトルを0.2keV間隔で測定し、測定したスペクトルから計算した照射線量と現有の診断用線量計で測定した照射線量を比較しながら、透視・撮影条件下の線質測定が可能なスペクトル測定が可能である。すなわち、X線撮影装置で、臨床診断に使用している種々の透視・撮影条件下でX線を曝射して、被写体であるカーボン散乱体やアクリル散乱体で90°方向に散乱したX線光子を種々のピンホール径のタングステンコリメータを通して、高分解能シヨトキー型CdTe検出器で検出する。検出したX線光子数スペクトルを補正・解析して、種々の透

視・撮影条件下で使用するX線のエネルギーなどの線質を最適化する。さらに、64ch CdTe放射線ラインセンサとSID-A25型CdTeフラットパネルディテクタのエネルギー弁別したデジタル画像特性の測定及びファントムなどのファントム画像の撮影データからX線の線質を改善し、最適な画像特性を見出すための画像評価法を確立して、エネルギー弁別型X線撮影装置(CT装置も含む)の撮影法を確立する。また、被ばく線量などもモンテカルロ・シミュレーションでも検証する。

(平成28年度以降)

1. 患者の被ばく線量と診断用X線画像の画質との関係の究明(松本、高階)

患者の被ばく線量を低減するために、平成27年度に続いて開発したエネルギー弁別型X線撮影装置(CT装置も含む)の撮影システムを使って、いろいろなX線撮影装置の各種透視・撮影条件下で測定したX線スペクトルと、最適化したデジタル画像評価法でX線画像(ファントム画像)の画質と検出能の関係を究明する。また、被ばく線量などもモンテカルロ・シミュレーションでも検証する。

2. エネルギー弁別型X線撮影装置(CT装置も含む)の医療応用システムの開発とその応用(松本、高階)

この医療応用システムの適用範囲を明らかにするとともに、患者の被ばく線量を低減するために、さらに、散乱X線のスペクトルも測定して、各種透視・撮影条件下の線質の改善方法を検討し、これを使ったエネルギー弁別型X線撮影装置(CT装置も含む)の医療応用システムとして骨塩定量法、IVR、CTの電子密度測定などへの応用つい

て明らかにする。

4. 研究成果

二次元 CdTe X 線画像センサの画質特性であるデジタル特性曲線、MTF、WS を測定し、NEQ、DQE を求めた。また、被写体として、緻密骨、皮質骨、内骨、肺、軟部組織の人体等価ファントムを使用して、エネルギー領域 30~75 keV 領域で各人体等価ファントムの二次元平面画像を取得間隔は 3keV の条件にて測定して、比較した。その結果、二次元 CdTe 検出器の NEQ と DQE は、既知の直接型 FPD の NEQ 及び DQE と同等の値が得られた。また、人体等価ファントム(緻密骨、皮質骨、内骨、肺、軟部組織)の実効原子番号 Z は、9%以内の誤差範囲内で理論値と一致した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 8 件)

1. 松本政雄, 酒井優佑: 二次元 CdTe X 線センサを用いた被写体の材質の識別精度の向上, 医用画像情報学会(MII)平成 28 年度春季(第 177 回)大会, 2017 年
2. 松本政雄, 酒井優佑, 高階正彰: 二次元 CdTe X 線画像センサを用いた被写体の材質の識別, 第 64 回応用物理学会春季学術講演会, 2017 年
3. 松本政雄, 岡田友稀, 岩崎怜奈: 二次元 CdTe X 線画像センサを用いた被写体の材質の識別 (2), 第 78 回応用物理学会秋季学術講演会, 2017 年
4. Masao Matsumoto: Material identification of object from X-ray image made by 2-dimensional CdTe X-ray sensor, 8th Japan-Korea Joint Meeting on Medical Physics (国際学会), 2017 年
5. 松本政雄, 岩崎怜奈, 岡田友稀: 二次元 CdTe X 線画像センサの画質特性とタフボーンファントムの材質の識別精, 医用画像情報学会(MII)平成 29 年度秋季(第 179 回)大会, 2017 年
6. 松本政雄, 岩崎怜奈, 岡田友稀: 二次元 CdTe X 線画像センサの画質特性と人体等価ファントムの材質の識別能

の検討, 医用画像情報学会(MII)平成 29 年度春季(第 180 回)大会, 2018 年

7. 松本政雄, 岩崎怜奈, 岡田友稀: 二次元 CdTe X 線画像センサの画質特性と人体等価ファントムの材質の識別能の検討, 第 65 回応用物理学会春季学術講演会, 2018 年
8. 松本政雄, 岩崎怜奈, 岡田友稀: 二次元 CdTe X 線画像センサの画質特性と人体等価ファントムの材質の識別能, 第 115 回日本医学物理学会学術大会, 2018 年

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

6. 研究組織

(1)研究代表者

松本政雄 (MATSUMOTO MASAO)
大阪大学・大学院医学系研究科・准教授
研究者番号: 50149944

(2)研究分担者

高階正彰 (TAKASHINA MASA AKI)
大阪大学・大学院医学系研究科・特任助教
研究者番号: 10392010