

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 13 日現在

機関番号：14301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24656570

研究課題名(和文)造影剤を用いず癌を発見するX線コンピュータ断層撮影法の開発

研究課題名(英文)X-ray computed tomography for finding tumor without using contrast agent

研究代表者

神野 郁夫 (Kanno, Ikuo)

京都大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：50234167

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円、(間接経費) 930,000円

研究成果の概要(和文)：X線コンピュータ断層撮影法(CT)を用いて癌を発見するためにヨウ素造影剤を血管注入する。しかし、ヨウ素造影剤には副作用があり、約1万人に一人の死者が出る。このため、ヨウ素造影剤を用いずに癌組織の観察ができることが望ましい。そこで、エネルギー分解CTを用いた実効原子番号測定を行った。通常は2種の単色X線を用いる。

我々は白色X線を用い、解析のエネルギー範囲を狭く設定し、擬似単色X線とした。中心に直径2mmのアルミニウム棒を入れた直径2cmのアクリルファントムについてCT測定し、2種のエネルギー範囲のX線に対する線減弱係数を求め、その比を計算し、実効原子番号を求め、それぞれ1%以内の一致を見た。

研究成果の概要(英文)：To find cancers by X-ray computed tomography (CT), iodine contrast agent is injected into blood vessel. The iodine contrast agent, however, has side effect, such as a fatality among ten thousand patients. It is desirable to find cancers without using iodine contrast agent. To meet this demand, we performed effective atomic number measurements with energy-resolved CT. Normally, the measurement of effective atomic number is conducted with using two monochromatic X-rays. We employed white X-rays with defining two narrow energy ranges as quasi-monochromatic X-rays in the analysis. Employed phantom was a cylindrical acrylic 3 cm in diameter with 2 diameter aluminum rod in the center. We measured linear attenuation coefficients for X-rays in two narrow energy ranges and estimated the ratio of them. The obtained effective atomic numbers showed excellent agreement with the theoretical ones within 1% of errors.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学・原子力学

キーワード：X線コンピュータ断層撮影 エネルギー分解 実効原子番号 線減弱係数

1. 研究開始当初の背景

X線コンピュータ断層撮影(CT)は、癌を発見するために有効な診断法である。X線CTにおいては、X線の減弱の違いにより、組織の形状を観察する。しかし、癌組織によるX線の減弱と正常組織のそれとは、大きくは異なる。このため、単なるX線の減弱だけからでは、癌組織の有無を判断することは容易ではない。そこで、ヨウ素造影剤を血管に注入する。ヨウ素はエネルギー33.2keVにK吸収端を持ち、33.2keV~45keV程度のエネルギーのX線をよく吸収する。一方、癌組織の方が正常組織よりも血管含有率が高い。すなわち、癌組織の方がヨウ素の集積度が高いので、癌組織によるX線の減弱が大きくなる。これにより、X線の減弱を測定することで癌組織を観察できることとなる。

しかし、ヨウ素造影剤には副作用がある。最も重篤度が高い場合、患者が死亡することもある。このため、ヨウ素造影剤を注入した造影CTを健康診断に用いることはできない。

もし、ヨウ素造影剤を用いずにCT撮影から癌組織を発見することができれば、CTを健康診断において行うなどにより、癌の早期発見が可能となる。

2. 研究の目的

ヨウ素造影剤を用いずに、X線CTによって癌組織を識別できる手法を開発する。そのために、CT測定により実効原子番号を求める。周囲の組織の実効原子番号と異なる実効原子番号の組織があれば、癌組織として認識できる。

3. 研究の方法

実効原子番号は、2種のエネルギーの単色X線を用いたCTにより測定できる。しかし、単色X線は、放射光施設が必要であり、病院で使用することは不可能である。そこで、我々が開発してきたtransXend検出器を用いたエネルギー分解CTにおいて、ふたつの設定エネルギー範囲を狭くして、擬似単色X線とみなすことで、実効原子番号測定が可能となる。

4. 研究成果

被検体は直径20mmのアクリルであり、中心に直径2mmのアルミニウム棒を有する。この被検体をCT測定した。既存技術であるデュアルエネルギーCTと比較するために、デュアルエネルギーCTにおいて用いた管電圧60, 120kVの白色X線の平均X線エネルギー35.0keVと52.5keVからそれぞれ0.5keVの範囲を設定し、エネルギー分解CTの解析を行った。結果を図1に示す。また、単色X線CTの結果とも比較するために、文献値を用いた。

エネルギー分解CTの結果では、アクリル、アルミニウムともに、理論的実効原子番号と1%以内の誤差で一致した。一方、デュアルエネルギーCTの結果では、アクリルの実効原子番号は理論値とよく一致したが、アルミニウムについては、23%の違いを示した。これ

は、白色X線がアルミニウムを通過する際に、

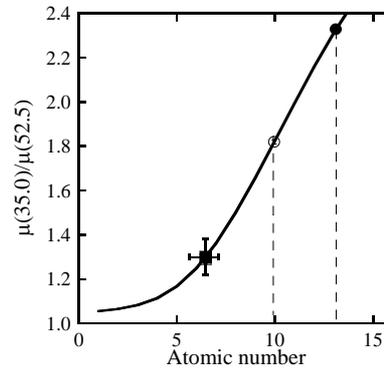


図1. エネルギー分解CT(黒)とデュアルエネルギーCT(白抜き)で測定したアクリル(四角)とアルミニウム(丸)の実効原子番号。点線は、CT測定法による実効原子番号の違いを示すための目安。実線は、米国標準局のテーブルから求めた原子番号-線減弱係数比の関係曲線。

低いエネルギーのX線がより多く吸収され、検出器に入射する時点においては、平均X線エネルギーが変化し、入射時よりも高くなる、ビームハードニング効果のためである。また、単色X線CTの文献値は水についての測定値であり、理論値と2%の差があった。

以上より、transXend検出器によるエネルギー分解CTで実効原子番号を測定することで、軟組織を模擬したアクリル、骨を模擬したアルミニウムに対し、1%以内の誤差で評価ができた。これは、生体内の組織の実効原子番号の変化を評価するために、十分な制度である。

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7件)

I. Kanno, R. Imamura, Y. Yamashita, M. Ohtaka, M. Hashimoto, K. Ara and H. Onabe, "Using Energy-resolved X-ray Computed Tomography with a Current Mode Detector to Distinguish Materials", Jpn. J. Appl. Phys., **53**, 056601 (2014).

Y. Yamashita, K. Shima, I. Kanno, M. Ohtaka, M. Hashimoto, K. Ara, H. Onabe, "Low-dose Exposure Energy-Resolved X-ray Computed Tomography using a Contrast Agent with a High-energy K-edge", J. Nucl. Sci. Technol., **51**, 91-97 (2014).

I. Kanno, K. Shima, H. Shimazaki, Y. Yamashita, K. Watanabe, M. Ohtaka, M. Hashimoto, K. Ara and H. Onabe, "Computed Tomography Reconstruction from Two Transmission Measurements for Iodine-marked Cancer Detection", J. Nucl. Sci. Technol., **50**, 1020-1033 (2013).

Y. Yamashita, H. Shimazaki, K. Shima, I. Kanno, M. Ohtaka, M. Hashimoto, K. Ara and H. Onabe, "Energy-resolved Computed

Tomography Measurements of Iron Solution and Adipose as a Simulation for Estimating the Iron Concentration in the Human Liver", J. Nucl. Sci. Technol., **50**, 376-380 (2013).

I. Kanno, "A transXend detector- principle and Applications", Prog. in Nucl. Sci. and Technol., **3**, 1 (2012).

I. Kanno, H. Shimazaki, R. Imamura, Y. Yamashita, K. Shima, M. Ohtaka, M. Hashimoto, K. Ara and H. Onabe, "Low Dose Exposure Diagnosis with a transXend Detector Aiming for Iodine-marked Cancer Detection", J. Nucl. Sci. and Technol., **49**, 937-946 (2012).

I. Kanno, R. Imamura, Y. Minami, M. Ohtaka, M. Hashimoto, K. Ara, H. Onabe, "Third-generation Computed Tomography with Energy Information of X-rays using a CdTe Flat Panel Detector", Nucl. Instrum. Meth. in Phys. Res. **A695**, 268-271 (2012).

〔学会発表〕(計 18 件)

木村優志, 山下良樹, 井上福太郎, 神野郁夫, 大高雅彦, 橋本周, 荒邦章, 尾鍋秀明, 「エネルギー分解 X 線コンピュータ断層撮影による実効原子番号の測定」, 応用物理学会, 2014 年 3 月 20 日, 20a-F1-1, 青山学院大学.

伊良皆拓, 桑原潤一, 山下良樹, 木村優志, 北原理, 小川剛史, 船引綾乃, 叶井絵梨, 神野郁夫, 伊藤秋男, 門前一, 平岡真寛, 「フラットパネル検出器を用いたエネルギー分解コンピュータ断層撮影法の検証」, 応用物理学会, 2014 年 3 月 20 日, 20a-F1-2, 青山学院大学.

小川剛史, 山下良樹, 神野郁夫, 眞正浄光, 大高雅彦, 橋本周, 荒邦章, 尾鍋秀明, 「平板放射線検出器を用いたエネルギー分解 X 線コンピュータ断層撮影法の開発」, 応用物理学会, 2014 年 3 月 19 日, 19a-PA1-25, 青山学院大学.

北原理, 山下良樹, 小川剛史, 木村優志, 神野郁夫, 大高雅彦, 橋本周, 荒邦章, 尾鍋秀明, 「計算応答関数による積層及び平面 transXend 検出器を用いたエネルギー分解 CT の比較」, 応用物理学会, 2014 年 3 月 19 日, 19a-PA1-26, 青山学院大学.

神野郁夫, 「電流モード検出器 transXend を用いたエネルギー分解コンピュータ断層撮影法」, 日本学術振興会「放射線科学とその応用第 186 委員会」, 2013 年 11 月 6 日, 放射線医学総合研究所.

Y. Yamashita, M. Kimura, M. Kitahara, I. Kanno, M. Ohtaka, M. Hashimoto, K. Ara, H. Onabe, "Measurement of Atomic Numbers Using Energy-resolved Computed Tomography", IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference, M12-28, 2013 年 10 月 30 日, 大韓民国ソウル.

I. Kanno, K. Shima, H. Shimazaki, Y.

Yamashita, K. Watanabe, M. Ohtaka, M. Hashimoto, K. Ara, H. Onabe, "Computed Tomography of Acrylic Phantom with Iodine and Aluminum Resoctructed by Two Transmission Measurements", IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference, M12-18, 2013 年 10 月 30 日, 大韓民国ソウル.

神野郁夫, 島一成, 山下良樹, 大高雅彦, 橋本周, 荒邦章, 尾鍋秀明, 「X 線エネルギー分布を用いた物質厚さ分布測定と断層画像の再構成」, 日本原子力学会, C33, 2013 年 9 月 3 日, 八戸工業大学.

山下良樹, 神野郁夫, 木村優志, 大高雅彦, 橋本周, 荒邦章, 尾鍋秀明, 「エネルギー分解 CT による実効原子番号測定」, 日本原子力学会, C34, 2013 年 9 月 3 日, 八戸工業大学.

山下良樹, 島一成, 木村優志, 神野郁夫, 大高雅彦, 橋本周, 荒邦章, 尾鍋秀明, 「エネルギー分解 CT による実効原子番号測定」, 応用物理学会, 16p-A12-6, 2013 年 9 月 16 日, 同志社大学.

山下良樹, 島一成, 神野郁夫, 大高雅彦, 橋本周, 荒邦章, 尾鍋秀明, 「高エネルギー K 吸収端造影剤とエネルギー分解による低被曝 CT 法」, 応用物理学会, 16p-A12-7, 2013 年 9 月 16 日, 同志社大学.

北原理, 山下良樹, 小川剛史, 木村優志, 神野郁夫, 福田健太郎, 大高雅彦, 橋本周, 荒邦章, 尾鍋秀明, 「多種シンチレータ平面 transXend 検出器を用いた物質厚さ推定の可能性」, 応用物理学会, 16p-A12-8, 2013 年 9 月 16 日, 同志社大学.

神野郁夫, 「transXend 検出器 (エネルギー分解 CT のための電流モード検出器) の開発と低被曝 CT への応用」, 日本医学物理学会, 2013 年 4 月 13 日, パシフィコ横浜.

Y. Yamashita, I. Kanno, K. Shima, M. Ohtaka, M. Hashimoto, K. Ara, H. Onabe, "Energy-resolved X-ray computed tomography for detecting tungsten as a substitute for gold contrast agent", International Symposium on Radiation Physics, A.09.C.28, Rio de Janeiro, Brazil, 2012 年 10 月 7-12 日.

山下良樹, 島一成, 北原理, 神野郁夫, 大高雅彦, 橋本周, 荒邦章, 尾鍋秀明, 「エネルギー分解 CT によるヨウ素とタングステンの識別」, 応用物理学会, 13p-C7-7, 愛媛大学, 2012 年 9 月 11 日.

島一成, 島崎紘亘, 山下良樹, 神野郁夫, 大高雅彦, 橋本周, 荒邦章, 尾鍋秀明, 「transXend 検出器を用いた低被曝物質識別法」, 応用物理学会, 13p-C7-8, 愛媛大学, 2012 年 9 月 11 日.

北原理, 山下良樹, 島一成, 神野郁夫, 福田健太郎, 大高雅彦, 橋本周, 荒邦明, 尾鍋秀明, 「多種シンチレータ同一平面 transXend 検出器を用いたエネルギー CT 測定」, 応用物理学会, 13p-C7-9, 愛媛大学, 2012 年 9 月 11 日.

神野郁夫, 島 一成, 島崎紘巨, 山下良樹,
大高雅彦, 橋本 周, 荒 邦章, 尾鍋秀明,
「超低被曝量診断を目指した transXend 検出
器出力の多変量解析による X 線画像化」, 日
本原子力学会, 143, 広島大学, 2012 年 9 月
19 日 .

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 1 件)

名称: 「放射線検出器」発明者:

権利者: 神野郁夫, 荒邦章

種類: 特許

番号: 2012-10923

出願年月日:

国内外の別: 国内 .

取得状況(計 2 件)

名称: X 線 CT 装置および該方法

発明者: 神野郁夫

権利者: 同上

種類: 特許

番号: 特許第 5367574 号

取得年月日: 平成 25 年 9 月 20 日

国内外の別: 国内

名称: X-ray CT Apparatus and Method Thereof

発明者: 神野郁夫

権利者: 同上

種類: 特許

番号: US 8,180,016 B2

取得年月日: 平成 24 年 5 月 15 日

国内外の別: 国外

〔その他〕

ホームページ等

[http://www.nucleng.kyoto-u.ac.jp/People/Kanno/
kanno.html](http://www.nucleng.kyoto-u.ac.jp/People/Kanno/kanno.html)

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

神野郁夫 (KANNO, Ikuo)

研究者番号: 50234167

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号: