

(様式第5号)

生体模擬サンプルを用いた高速X線CT撮影の基礎的な検討

Feasibility study of fast X-ray CT imaging using simulation living-body samples

馬場理香, 米山明男
Rika Baba, Akio Yoneyama

(株)日立製作所 研究開発グループ, 九州シンクロトロン光研究センター
English Research and Development Group, Hitachi Ltd.,
Kyushu Synchrotron Light Research Center

1. 概要

従来の放射光を線源とする単色X線CT計測系では1回転の撮影に数時間を要しており、撮影中に被写体が乾燥や熱で変形するという課題があった。これに対し、本研究では高強度の準単色X線光源と高速・高感度なX線カメラを組み合わせることで、高速なX線CT計測系を構築した。実験の結果、準単色X線に対して金属フィルターを変えることで、準単色X線分布の中心エネルギーを変更可能であった。また、各エネルギーにおいて、100秒程度の短時間で生体模擬サンプルのX線CT撮影が可能であった。

Conventional monochromatic X-ray computed tomography (CT) imaging system using synchrotron radiation (SR) has a problem that measurement time is long and living-body samples are transformed by drying and heat. A purpose of this study is to develop a fast X-ray CT imaging system. Our novel imaging system uses powerful polychromatic SR X-rays with metal filters and high-speed and high-sensitive X-ray imager. As a result of experiments, four kinds of the peak energy of polychromatic SR X-rays were adjusted by metal filters. In each energy, X-ray CT imaging of simulation living-body samples was enabled in the short time of around 100 seconds.

2. 背景と目的

X線Computed Tomography (CT)は、被写体内部の構造を非破壊で3次元的に観察できる方法であり、医療診断や製品の不良検査などをはじめとした多くの分野で幅広く利用されている。本法はX線が被写体を透過する際に生じた強度の変化を画像化しており、密度に関する情報を得ることができるため、密度変化を伴う形状や構造など形態の観察に優れている。3次元画像を得るためには、被写体を1回転させて様々な方向からの撮影像を取得する必要がある。これに対し、これまでの放射光を線源とする単色X線計測系では1回転の撮影に数時間を要しており、撮影中に被写体が乾燥して変形したり熱で変質するという課題があった。

本研究では、この課題を解決するために、高速な読み出しが可能で検出感度の高い面検出器と、短い露光時間で十分なX線量を照射する準単色X線光源を用いた計測系を構築する。また、この計測系を用いて2種類のエネルギーの準単色X線で撮影した断面像から、他のエネルギーの擬似単色X線断面像を算出するデュアルエネルギーX線CT計測法の検討を行い、生体模擬サンプルの3次元観察を試みる。

3. 実験内容 (試料、実験方法、解析方法の説明)

従来の単色X線計測系では、全波長のホワイトの放射光を二結晶分光器を用いて単色化する (図

1)。これに対し、本実験では、全波長のホワイトの放射光を金属フィルタを用いて準単色化する（図2）。今回、放射光による準単色X線を利用することでX線の強度不足を解消し、さらに高速・高感度なX線カメラと組み合わせることで高速なX線CT計測系を構築した。実験に用いた検出器の性能を表1に示す。単色系では、シンチレータ、オプティカルファイバー、空冷sCMOS検出器から成る高感度ファイバークップリング型検出器(Zyla)を用いる。一方、準単色系では高輝度のX線を検出可能とするために、シンチレータ、レンズ系、cMOS検出器から成るレンズカップリング型検出器を用いる。CT計測では、入射X線に対して試料を回転させ、角度毎に投影画像を撮影し、得られた投影画像のデータセットを再構成演算して3次元のCT断面像を求める。本実験では、エネルギーの変更を金属フィルタの種類と厚さを変更することにより行う。また、この計測系を用いて構成元素が既知の物質で構成した生体模擬サンプルを撮影し、CT断面像の評価を行う。

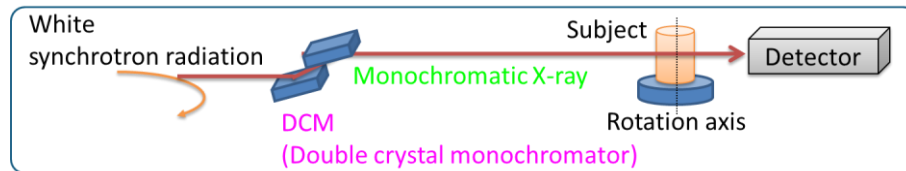


図1 単色X線によるCT計測系

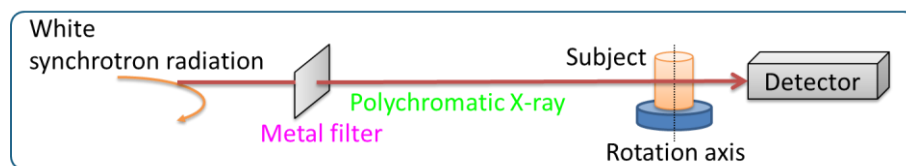


図2 準単色X線によるCT計測系

表1 検出器の性能

	Monochromatic X-ray	Polychromatic X-ray
Type	Fiber-coupled imager	Lens-coupled imager
Pixel size (μm)	6.5	3.25
Number of pixels	2560 x 2160	2560 x 2160
Field of view (mm^2)	16.6 x 14.0	8.3 x 7.0
Frame rate (f/s)	100	50
Scintillator	CsI (100 μm thick)	CsI (15 μm thick)

4. 実験結果と考察

準単色X線に対して4種類の金属フィルタ（Al 0.5mm, Ag 0.1mm+Al 1.0mm, Cu 0.3mm+Al 0.5mm, Cu 0.3mm+Sn 0.2mm）を配置し、シリコン結晶(Si(220))を用いるX線回折計でエネルギー分布を測定した。金属フィルタにより、X線の中心エネルギーを18keV, 22keV, 28keV, 31keVに変更することが可能であった（図3）。また、各エネルギーのX線を用いて生体模擬ファントム（アクリル円柱、アルミニウム円柱、3倍に希釈したヨウ素造影剤を詰めたチューブ、粉末カルシウムを詰めた円柱を直径約10mmのプラスチック円柱に詰めたもの）を撮影した。その結果、撮像時間を従来の1/100以下に短縮し、約100秒の計測時間でX線CT撮影が可能であることが確認できた（図4）。

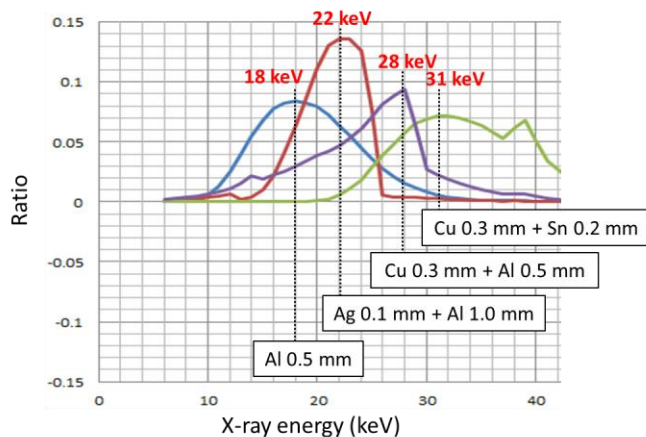


図3 各金属フィルタによるエネルギー分布

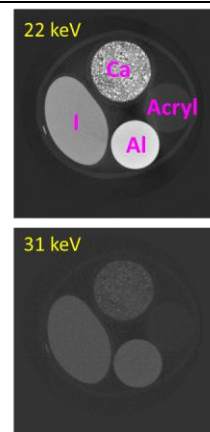


図4 準単色X線CT像

5. 今後の課題

今回の実験で、金属フィルタにより準単色X線のエネルギー変更が可能であることが明らかになった。次に、準単色X線で撮影した断面像を用いて他エネルギーの擬似単色X線断面像を算出するデュアルエネルギーX線CT計測法を検討する。

6. 参考文献

- [1]米山明男,馬場理香,第12回九州シンクロトロン光研究センター研究成果報告会
- [2]米山明男,馬場理香,第79回応用物理学会 秋季学術講演会,21p-235-6

7. 論文発表・特許

ECR2019 proceedings DOI:10.26044/ecr2019/C-2040,10.26044/ecr2019/C-1218

8. キーワード (注: 試料及び実験方法を特定する用語を2~3)

準単色X線, 金属フィルタ, 高速CT, デュアルエネルギーCT

9. 研究成果公開について

- ① 論文(査読付)発表の報告 (報告時期: 2019年7月)