

散乱線低減のための Sn 箔フィルタを用いたピンホール蛍光 X 線 CT

Scatter-reduction effect of Sn-film filter in pinhole-type fluorescent X-ray CT

○砂口 尚輝¹, 湯浅 哲也², 兵藤 一行³, 銭谷 勉⁴群馬大学¹, 山形大学², 高エネルギー加速器研究機構³, 国立循環器病センター⁴○Naoki Sunaguchi¹, Tetsuya Yuasa², Kazuyuki Hyodo³, Tsutomu Zeniya⁴Gunma University¹, Yamagata University², KEK³, NCVC⁴

E-mail: sunaguchi@gunma-u.ac.jp

高感度・高空間分解能な小動物用分子イメージング手法の確立のために、ピンホールコリメータを用いた蛍光 X 線 CT 撮像法の開発を進めている[1]。本撮像方式は、被写体から発生した蛍光 X 線を、ピンホールコリメータを用いて 2 次元カメラで取得するため、ピンホール径とほぼ同等の空間分解能で 3 次元 CT 再構成に必要な 2 次元投影像を一度に得ることができる。しかしながら、検出時に蛍光 X 線とともにノイズとなる大量の散乱線が混入するという問題がある。この問題により、本方式におけるヨウ素造影剤の最小検出濃度は数 100 $\mu\text{g}/\text{ml}$ となり、生体撮像には十分ではない。本研究では、投影の S/N を低下させる主要な要因である散乱線を大幅に低減するためのスズ箔フィルタを用いる撮像方式を提案する。Fig. 1 は提案する撮像システムである。被写体で発生した蛍光 X 線や散乱 X 線は入射 X 線方向に対し 90 度方向に設置したスズ箔フィルタを通り、タングステン製のピンホールコリメータを通過する。通過した X 線はその後方に設置された 2 次元カメラにより検出される。スズの K 吸収端 (29.2 keV) はヨウ素の蛍光 X 線エネルギー (28.5 keV) よりもわずかに高いため、設置されたフィルタは高い確率で、蛍光 X 線光子を通過させ、K 吸収端より高いエネルギーを有する散乱 X 線光子を光電効果により遮断する。この効果により、カメラで検出される蛍光 X 線の散乱 X 線に対する比率を高められることが期待される。

スズ箔フィルタの効果を実証するために、高エネルギー加速器研究機構 PF-AR の NE-7A ビームラインに撮像系を構築し、アクリルファントムの撮像実験を実施した。アクリルファントムは直径 10 mm の円筒で、直径 3 mm の 3 つの穴を有する。それぞれの穴は、200, 400, 800 $\mu\text{g}/\text{ml}$ のヨウ素溶液で満たされている。入射 X 線エネルギーはヨウ素の K 吸収端ほぼ直上の 34 keV に設定した。投影は 360°の回転範囲を 1 度刻みで、合計 360 枚取得した。Fig. 2 (a)はスズ箔フィルタを使用して撮影した蛍光 X 線 CT 再構成画像、(b)は未使用で撮影した蛍光 X 線 CT 再構成画像を示す。(a)の方が 3 穴の構造を明瞭に描出できていることがわかる。ヨウ素領域のアクリル領域に対する S/N は、(a)が (b)に比べ約 2.4 倍高い。これは、アクリルで発生した散乱線がスズ箔フィルタにより有効に低減できたことによるものと考えられる。この実験結果はスズ箔フィルタを利用することで 100 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 以下のヨウ素濃度を十分検出可能であることを示す。生体サンプルを撮影するためには約 50 $\mu\text{g}/\text{ml}$ のヨウ素検出能が要求されるが、スズ箔の設置位置や厚さなどのパラメータを最適化することで到達可能であると考えられる。

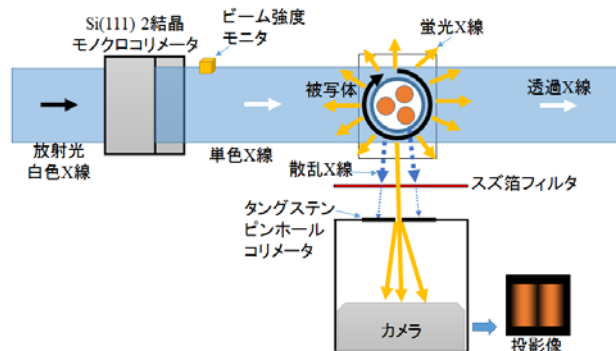


Fig. 1 スズ箔フィルタを用いたピンホール蛍光 X 線 CT 撮像システム

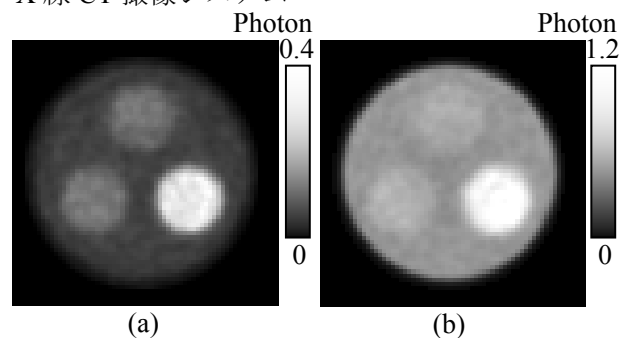


Fig. 2 ファントムの蛍光 X 線 CT. (a) スズ箔フィルタ使用, (b) スズ箔フィルタ未使用

[1] N. Sunaguchi, T. Yuasa, K. Hyodo, and T. Zeniya, *Optics Communications*, **297**, 210-214 (2013).