

エネルギー分解 X 線 CT による低原子番号物質の線減弱係数測定

Linear Attenuation Coefficient Measurements for Low Atomic Number Materials

by Energy-resolved X-ray CT

*神野 郁夫, 丸山 能央, 濱口 拓, 蔡 典修

京都大学大学院工学研究科

transXend 検出器を用いたエネルギー分解 CT では、被検体中の物質を用いた応答関数評価が必須だった。被検体中の物質が不明でも解析が可能となるよう、計算により応答関数を求めた。これにより広いエネルギー範囲において 5 種のプラスチックの線減弱係数を 5% 以内の誤差で求めることができた。

キーワード : X 線 CT, エネルギー分解, 線減弱係数, transXend 検出器, 電流測定, 応答関数

1. 緒言 X 線のエネルギー情報を用いたコンピュータ断層撮影(CT)は、従来の X 線を電流として測定する CT と比較して、造影剤コントラストが高い、組織識別や実効原子番号の評価が可能、という利点がある。我々は X 線を電流として測定し解析により X 線エネルギー分布を得る transXend 検出器を開発した。transXend 検出器を用いた測定結果を解析するには、応答関数を求める必要がある。従来は被検体に含有される物質を透過した X 線を測定し、応答関数評価を行っていた[1]。実験を行う手間を省き、また、未知物質含有被検体のエネルギー分解 CT 画像を得るため、応答関数を GEANT4[2]により評価した。この応答関数を用いて 5 種のプラスチックの線減弱係数を評価した。

2. 応答関数評価 Al 製シャーシボックス内の X 線入射方向に Si(Li)要素検出器を 4 個配置した transXend 検出器を考える。単色 X 線が $10 \times 10 \times 1$ mm の Si(Li)要素検出器に入射した際に付与するエネルギーを GEANT4 により評価した。エネルギー範囲は 11~120 keV であり、エネルギー幅は 1 keV、エネルギー範囲数は 110 である。各エネルギーについて、 10^8 個の X 線を発生させた。

3. 実験 直径 30 mm のアクリルにポリプロピレン, ABS 樹脂, ポリカーボネート, ポリフッ化ビニリデン製の直径 5 mm の棒を挿入したファントムの CT 測定を行った。X 線管電圧, 電流および測定時間は 120 kV, 2.4 mA および 1 秒である。X 線は直径 1 mm にコリメートした。ファントムを 0.4 mm 併進させスキャンし、その後、5 度回転させて再びスキャンする translate-rotate 方式で測定した。測定結果を SANDII コード[3]でアンフォールディングし、11~120 keV の X 線を用いた CT 画像を再構成した。40 keV の X 線による CT 画像を図 1 に示す。アクリルを含む 5 つのプラスチック領域の 5×5 ピクセルの ROI の CT 値(線減弱係数)を平均し、各プラスチックの線減弱係数とした。

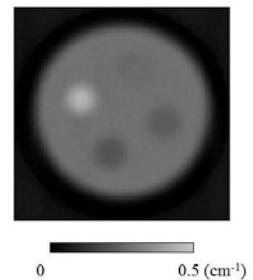


図 1. 40 keV の X 線で再構成した CT 画像。

4. 結果 図 2 に X 線エネルギーの関数としてアクリルの線減弱係数, NIST のデータおよび相対誤差を示す。30~100 keV の範囲で相対誤差が 5% 以内の測定値を得ることができた。

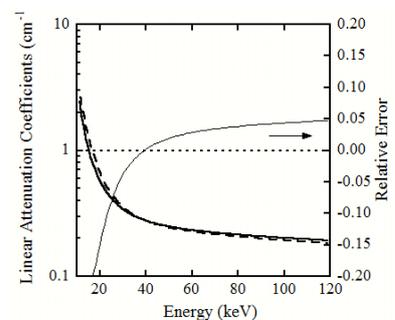


図 2. アクリルの線減弱係数(実線)と NIST の理論値(点線)および相対誤差(細線)。

[1] I. Kanno, et al., J. Nucl. Sci. Technol., **45** (2008) 1165. [2] S. Agostinelli, et al., Nucl Instrum Methods in Phys Res., **A506** (2003) 250. [3] W. McElroy, S. Berg, T. Crockett, R. G. Hawkins, Air Force Weapons Laboratory (1967).

*Ikuo Kanno, Yoshihiro Maruyama, Takumi Hamaguchi and Tien-Hsiu Tsai
Kyoto Univ..