エネルギー分解 X 線コンピュータ断層撮影による 金属容器中の物質の実効原子番号測定

Effective Atomic Number Measurement for Materials inside a Metal Sheath by Energy-resolved X-ray Computed Tomography

石川　翔太，濵口　拓，*神野 郁夫
京都大学大学院工学研究科

金属などの X 線の減弱が大きい物質に囲まれた低原子番号物質の識別可能性を検討するため，シミュレーション計算を行った．X 線透過線上の物質をポリエチレンと鉄に分解する手法により，識別対象物質の実効原子番号を 1.6%以下の相対誤差で評価できた．

キーワード：実効原子番号，エネルギー分解 X 線 CT，transXend 検出器，手荷物検査，シミュレーション

1. 緒言　我々は X 線コンピュータ断層撮影(CT)において，X 線のエネルギー情報を利用するエネルギー分解 CT 法を開発している．これにより被検体の線減弱係数をエネルギーの関数として求め，実効原子番号を導くことができる．X 線 CT の応用として，手荷物検査また被せ物をした歯の内部検査などの金属容器中の物質識別がある．我々の従来の方法では，周囲に X 線の減弱が大きい物質がある場合には，内部物質の線減弱係数を求めることが困難であった. そこで被検体による X 線の減弱をポリエチレン(PE)と鉄(Fe)によって再現する物質分解法を提案する．実効原子番号が近い 4 種の物質について，シミュレーション計算の結果を報告する．　3%以下の相対誤差で求めることが目的である．

2. シミュレーション体系　図 1 に示す，外形 15 mm，肉厚 0.5 mm の SUS304 円筒の中に直径 14 mm の識別対象物質が挿入されている体系を考える．識別対象物質は，アクリル（PMMA:実効原子番号 6.50），ポリオキシメチレン(POM:6.98)，ニトログリセリン(NTG:7.47)，ポリフッ化ビニリデン(PVDF:7.94)である．transXend 検出器[1]は，フラットパネル検出器(FPD)の前面に金属吸収体を設置し FPD 入射 X 線スペクトルを 4 種に変化させたものである：フィルタ無し(1ch.)，Cu 0.1 mm(2ch.)，Cu 0.3 mm(3ch.)，Sn 0.2 mm(4 ch.).

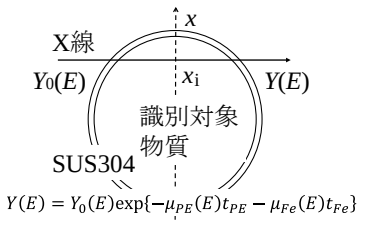

図 1.シミュレーション体系.

3. 物質識別法　円柱状被検体の x 方向のある点 x_i を X 線が透過すると X 線が $Y_0(E)$から $Y(E)$へ減弱を受け，transXend 検出器の各チャンネルで電流として測定される．被検体が PE と Fe からなるとし，各チャンネルの電流値を最もよく表す厚さ t_{PE} (mm)および t_{Fe} (mm)を求める．次に減弱の式で透過後の X 線スペクトルを求める．この作業をすべての点 x_i について行い，X 線スペクトルの 0.5 keV ごとの X 線数を求め，各エネルギーの X 線により画像再構成する．被検体の中央部 400 点の CT 値(線減弱係数)の平均値を用いて X 線エネルギーの関数として線減弱係数を求めた．米国標準技術研究所(NIST)の光子-原子相互作用断面積のデータ[2]に線減弱係数をフィットさせることで，実効原子番号を求めた．

表 1.　評価実効原子番号．RE:相対誤差(%).

	PMMA	POM	NTG	PVDF
NIST	6.50	6.98	7.47	7.94
評価値	6.53	7.09	7.55	7.98
RE	+0.46	+1.57	+1.07	+0.50

4. 結果　表 1 に PMMA, POM, NTG, PVDF の NIST データ, 評価した実効原子番号および相対誤差を示す．相対誤差 1.6%以下で評価ができた．今後，実験で検証する．

[1] I. Kanno et al., J. Nucl. Sci. Technol., **45**, 1165 (2008). [2] M. J. Berger et al., XCOM: Photon cross section database (2010).

Shota Ishikawa, Takumi Hamaguchi and *Ikuo Kanno
Kyoto Univ.