

エネルギー分解 X 線コンピュータ断層撮影を用いた金属容器中の物質識別

Identification of a Material in a Metal Container Using Energy-resolved X-ray CT

京都大工, ○(M2)森明 亮我, 神野 郁夫

Kyoto Univ., ○Ryoga Moriaki, Ikuo Kanno

E-mail: moriaki.ryoga.63z@st.kyoto-u.ac.jp

緒言 空港における X 線手荷物検査では透過画像の形状から危険物の検出を行うが、爆発物や薬物などは識別できないという問題がある。当研究室が開発したエネルギー分解 X 線コンピュータ断層撮影(CT)では、X 線のエネルギー情報を用いて物質の実効原子番号(Z_{eff})を取得することができ、物質識別が可能である¹⁾。しかし、物質が金属に囲まれた場合、X 線が金属により大きく減弱され X 線のエネルギー情報が失われるため、識別は困難である。本研究では、金属容器中の未知物質の Z_{eff} を評価するために、金属による X 線の減弱量を補正する金属除去法を提案する。計算により金属除去法の有用性を確認し、実験を行った。

金属除去法 X 線の減弱を二つの基準物質の厚さの組み合わせで表現する物質分解法²⁾を用いて画像再構成を行うことで、被検体の線減弱係数分布画像を作成する。ここで金属領域の線減弱係数を取得した後、線減弱係数分布画像を二値化して金属領域を抽出し、計算で X 線の金属透過厚さを求める。物質分解で得られたデータに対して金属の線減弱係数と厚さを用いて補正を行うことで、金属が存在しない場合に得られる電流値を取得し、この電流値から金属容器中の物質の Z_{eff} を推定する。

計算および実験 被検体には内径 14 mm、肉厚 1~3 mm のアルミニウム(Al)円筒に直径 14 mm のアクリル(PMMA)円柱を挿入したものを用いた。X 線管出口に 1ch :空気, 2ch :Cu 0.1 mm, 3ch :Cu 0.2 mm, 4ch :Cu 0.3 mm のフィルタを設置し、各種の異なるスペクトルの X 線を被検体に照射する。計算では 140 kVp の X 線が被検体を透過し、Lambert-Beer 則(減弱の式)で減弱されるとした。実験における X 線管条件は、管電圧 140 kVp、管電流 2.0 mA、測定時間 0.5 s、測定回数 10 回平均で撮影を行った。

結果 Table 1 に計算と実験における Al および金属除去法適用前後の PMMA の Z_{eff} 推定の結果を示す。計算においては、適用後の PMMA の Z_{eff} の値が金属円筒なしの場合と良く一致した。また、実験においても適用後の PMMA の Z_{eff} の方が金属円筒なしの値に近い結果となった。これらより、金属除去法による金属容器中の物質識別の能力向上が確認できた。

Table 1 Estimated Effective Atomic Number with and without Metal Removal Method (MRM).

Al thickness [mm]	Calculation			Experiment		
	Al	PMMA without MRM	PMMA with MRM	Al	PMMA without MRM	PMMA with MRM
0		6.54 ^{+0.02} _{-0.05}			6.21 ^{+0.35} _{-0.36}	
1	13.0 ^{+0.0} _{-0.0}	6.55 ^{+0.06} _{-0.05}	6.56 ^{+0.01} _{-0.01}	15.6 ^{+0.1} _{-0.2}	6.50 ^{+0.21} _{-0.20}	6.35 ^{+0.38} _{-0.37}
2	13.0 ^{+0.0} _{-0.0}	6.79 ^{+0.05} _{-0.05}	6.55 ^{+0.12} _{-0.13}	15.4 ^{+0.1} _{-0.1}	7.14 ^{+0.43} _{-0.39}	6.63 ^{+0.39} _{-0.53}
3	13.0 ^{+0.0} _{-0.0}	7.06 ^{+0.02} _{-0.02}	6.51 ^{+0.27} _{-0.28}	15.0 ^{+0.1} _{-0.1}	7.37 ^{+0.39} _{-0.35}	6.79 ^{+0.57} _{-0.85}

1) I.Kanno, T.Hamaguchi, Jpn. J. Appl. Phys. **58**, 071101-6 (2019).

2) I.Kanno, T.Kuroyama, J. Nucl. Sci. Techol. **58**, 533-541 (2021).