

transXend 検出器を用いたエネルギー分解 X 線 CT における アンフォールディング法の検討

Study on unfolding method in the energy-resolved X-ray CT with a transXend detector

丸山能央, 濱口 拓, *神野郁夫
京都大学

transXend 検出器を用いたエネルギー分解 CT において, 求める解の収束条件依存性が問題であった. この解決のため, 設定エネルギー範囲数を増加し, 離散化の影響を排除し, 良好な結果を得た.

キーワード: X 線 CT, エネルギー分解, アンフォールディング

1. 緒言 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用いたエネルギー分解 CT を実施するため, 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, 物質識別, 実効原子番号評価, 低被曝簡易 CT などへ応用してきた[1]. しかし解析(アンフォールディング)に必要な応答関数を評価するために被検体を構成する物質を用いる必要があり, またエネルギー範囲数を transXend 検出器の要素検出器の数と同数に設定していたが, 解が収束条件に依存するなどの問題があった. この原因がエネルギー範囲数を数個とし離散化しすぎたため, と考え, 今回はエネルギー範囲を 0.5 keV, 範囲数を 11~120 keV の 219 個として解析した.

2. 使用検出器, 応答関数 transXend 検出器は 4 式の厚さ 1 mm の Si(Li)検出器と第 3 要素検出器の前に設置された 58 μm のスズ吸収体からなる. 測定電流値は $I \propto \int E \cdot Y(E) \cdot \varepsilon(E) dE$ とできる. ここで, E , $Y(E)$, $\varepsilon(E)$ は, X 線のエネルギー, X 線数, 検出器の吸収効率であり, 応答関数 $R(E)$ は $E \cdot \varepsilon(E)$ で与えられる. 各要素検出器による測定電流値 I_i と応答関数 R_{ij} , 離散化した X 線エネルギー分布 Y_j は, 式(1)で表される. 応答関数は, 0.5 keV ごとの X 線について減弱の式で求めた.

$$\begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \vdots \\ I_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_{11} & R_{12} & \cdots & R_{1n} \\ R_{21} & R_{22} & \cdots & R_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ R_{m1} & R_{m2} & \cdots & R_{mn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{pmatrix} \quad (1)$$

3. 解析 管電圧 120 kV で発生した X 線がアクリル 10 cm を通過した場合について, 初期値をアクリル厚さ 0, 10, 20 cm およびアルミニウム(Al) 5 cm 通過後の X 線として, SANDII コード[2]を用いて解析した. いずれの初期値を用いても, ほぼ正確に解が得られた. 図 1 に Al 通過初期値を用いた場合の解の収束条件依存性を示す.

4. 結論 アンフォールディングにおけるエネルギー範囲を狭め, 範囲数を多くすることで初期値, 収束条件に依存しない解が得られた. エネルギー範囲を 5 keV としても良好な結果が得られるが, 10 keV では離散化の影響がでた. 今後, 実験に応用する手法を検討する.

[1] Y. Yamashita, et al., J. Nucl. Sci. Technol., **51**, 1256 (2014).

[2] W. McElroy, et al., Air Force Weapons Laboratory, 1967.

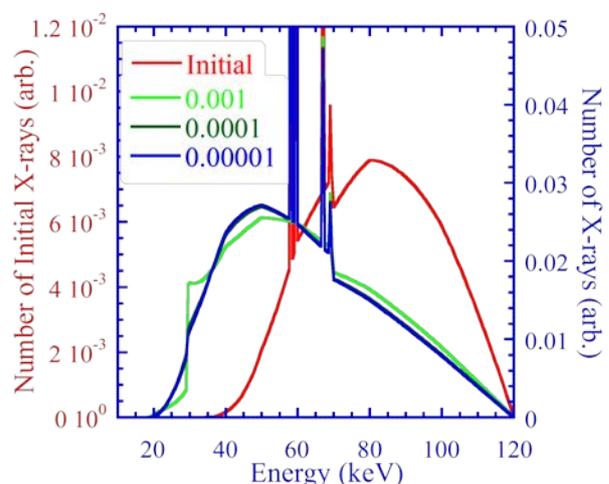


図 1. 解の収束条件依存性. 赤線は初期値.

Yoshihiro Maruyama, Takumi Hamaguchi, *Ikuo Kanno

Kyoto Univ.