

## 放射線量とエネルギースペクトルによる放射線源の位置推定

Estimation of radiation source distribution using radiation dose and energy spectrum

\*佐藤 駿, 山崎 はるか, 高瀬 つぎ子, 山口 克彦  
福島大学

「機械学習を用いた放射線源の位置推定法」を実用化させるために、検出器と線源、遮蔽体の相対位置を変化させて放射線量とエネルギースペクトルの空間分布の測定を行い、モンテカルロ法を用いて作成する学習データに反映させるとともに、放射線源の位置推定のための検証システムを構築した。

**キーワード:** 機械学習, 放射線源の推定, モンテカルロ法, プラスチックシンチレーションファイバ

### 1. 緒言

原発事故後の廃炉作業などを行う場合、『放射線源の核種と位置』を推定することは重要な課題である。我々は、今まで「機械学習を用いた放射線源の位置推定法」の実用化に向けて、機械学習に必要な大量の学習データをモンテカルロ-シミュレーションで作成することを検討してきた<sup>1)</sup>。正確な推定を行うには学習データと実測の測定データとの整合性をとる必要がある。本研究では、放射線源、遮蔽体と検出器の相対的な位置関係を考慮したエネルギースペクトルの位置分布を実測し、測定結果をモンテカルロ-シミュレーションによる学習データに反映させることにより、機械学習の正確性の向上を目指した。また、プラスチックシンチレーションファイバ(PSF)をらせん状に配置した放射線量分布の測定系(連続な分布の測定)とエネルギースペクトルの測定(特徴的なポイントでの測定)を組み合わせることにより、放射線源の3次元分布の効率的な推定を目指している。

### 2. 研究手法

#### 2-1. エネルギースペクトルの2次元分布の測定

$\gamma$ 線のエネルギースペクトルの2次元分布は、NaIスペクトロメータを用いて行った。NaIスペクトロメータは標準線源( $^{137}\text{Cs}$ および $^{60}\text{Co}$ )の上に置かれたアクリル製の2次元メッシュ(1メッシュ:40×40 mm, 全体:11×11メッシュ)の上に配置し、2次元メッシュ上の各点でエネルギースペクトルを測定することにより、放射線源と検出器の相対位置(距離および方向)とエネルギースペクトルのエネルギープロファイル(形状)との関連性を検討した。また、放射線源と検出器との間に鉛製の遮蔽体(100×100×5 mm)を配置した場合の放射線源と検出器の相対位置とエネルギースペクトルの形状との関連性についても検討した。

### 3. 結果・考察

線源、検出器と遮蔽体の相対位置を変化させて、 $^{137}\text{Cs}$ 線源のエネルギースペクトルの測定を行った結果をFig.1に示す。 $^{137}\text{Cs}$ の全吸収ピーク(662 keV)やコンプトンエッジ(440 keV付近)のスペクトル強度は、線源と検出器の相対距離に従ってB, D, C, A, Eの順で低下している。これに対して、低エネルギー側に存在する $^{137}\text{Cs}$ の特性X線ピーク(30 keV)や鉛の遮蔽体に起因する特性X線ピーク(83 keV)のスペクトル強度は、線源と検出器との相対的な位置だけでなく、コンプトン散乱や鉛の遮蔽体の影響を受けて全吸収ピークとは異なる強度変化を示している。このように、それぞれのスペクトルの形状は、線源、遮蔽体、検出器の相対位置を反映して複雑に変化しており、機械学習を用いてエネルギースペクトルの形状の変化を解析することにより、線源、遮蔽体、検出器の相対位置を推定することは可能であり、実測データは放射線源の位置推定のための検証データとしての役割も果たす。

また、放射線量の3次元分布の迅速な計測のために、らせん状に配置した7周巻きのPSFを用いて測定を行い、測定データを円筒上に射影することにより、3次元の線量分布を表した。線量分布に基づいて、線量の異なるいくつかのポイントでエネルギースペクトルを測定することは、線量変化の原因を明らかにし、放射線源の3次元形状を推定するための有効な手段であると考えられる。

#### 参考文献

[1] Takero Uemura, Katsuhiko Yamaguchi, *J. ADV. SIMULAT. SCI. ENG.*, Vol. 7, pp.71-81, (2020)

\*Shun Sato, Haruka Yamazaki, Tsugiko Takase and Katsuhiko Yamaguchi.  
Fukushima Univ.

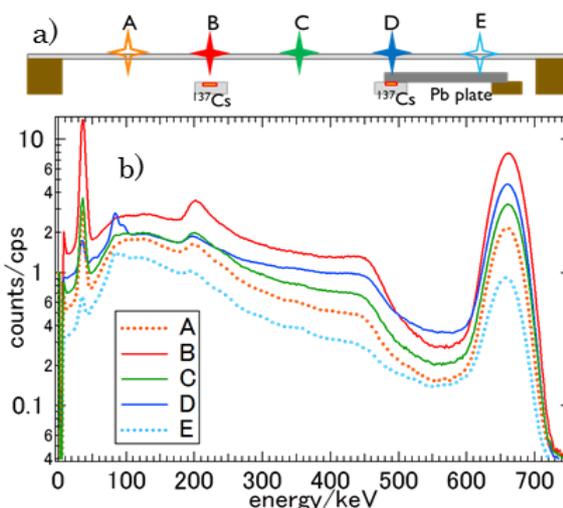


Fig.1 放射線源の検出器の相対位置とエネルギースペクトルとの関係

a) 検出器, 線源および遮蔽体の相対位置

b)  $^{137}\text{Cs}$ のエネルギースペクトル