

機械学習を用いた γ 線スペクトルデータからの放射線源分布の推定

Estimation of radiation source distribution from γ ray spectral data using machine learning

*菅 蒼太¹, 近藤 勇斗¹, 高瀬 つぎ子¹, 山口 克彦¹

¹福島大学

実測値を用いた機械学習から放射線源分布を推定するために、平面上に分布した放射線源を多様なパターンで配置して測定を行い、 γ 線スペクトルデータを取得した。さらにこの測定から得られたスペクトルデータを用いて、機械学習及び検証データによる放射線源分布の推定を試みた。

キーワード：機械学習、放射線源分布の推定、エネルギースペクトル、NaI スペクトロメータ

1. 序論

2011年3月11日の東京電力福島第一原子力発電所事故の発生から11年が経過し、今後の廃炉や除染を進めていくためには、不均一に存在している放射性核種の分布を明らかにすることが重要となる。これまで本研究室では、シミュレーションで計算された γ 線エネルギースペクトルを用い、機械学習による放射線源分布の推定手法の開発が行われており^[1]、線源分布と測定点の間に遮蔽材料がある場合でも、シミュレーションデータを用いた場合では、線源分布の推定を行えることが示されている。

しかし、実際に γ 線スペクトロメータによる測定で得られた実測データを用いて機械学習を行い、放射線源分布の推定を行うことは未だ行われていない。そこで、実際に γ 線スペクトルデータを取得して機械学習を行うために、複数のNaI スペクトロメータ（キャンベラ-ジャパン製；NaI 検出器：2 inch×2 inch, MCA: OSPREY）を用いて、平面に分布した放射線を安定的に測定する装置を試作した。今回はこの装置を使用した測定によって得られたデータを使用して機械学習を行い、推定精度の確認を行った。

2. 研究手法

標準線源（¹³⁷Cs 線源を2個、⁶⁰Co 線源を1個）を木製の2次元メッシュ（1メッシュ：70×60 mm、全体：4×4メッシュ）の上に配置し、レール上をスライドさせることのできる台の上に固定した。そこから高さ3cmの位置に、検出部を2次元メッシュ方向に向けたNaI スペクトロメータ4本を一行に並べて配置（左から順にNaI ①, NaI ②, NaI ③, NaI ④）し、配置した線源のパターン毎にLine1からLine4の順で測定（1時間×4回）を行った（Fig.1aに示す）。また、得られたエネルギースペクトルから、誤差逆伝播法のニューラルネットワークを用いた機械学習を行った。エネルギースペクトル強度と放射線源分布の相対関係を学習させ、検証データから推定された放射線源分布の推定精度について検討した。

3. 結果

2次元メッシュ上の放射線源のエネルギースペクトルを測定した結果の一例と、その時の放射線源の配置（この配置を検証パターンとする）をFig.1aとFig.1bに示す。¹³⁷Csの全吸収ピーク（662 keV）や⁶⁰Coの全吸収ピーク（1,170 keV及び1,330 keV）のスペクトル強度は、線源とNaI スペクトロメータの距離に対応した強度を示している。

この相対関係を確認した上で、検証用とは異なる30パターンの配置で測定したエネルギースペクトルと、線源分布をデータ化したものを学習データとして機械学習を行った。この学習の後に検証パターンにおける測定データで、線源分布の推定を行った。推定の結果はFig.1cに示している。推定結果と解答データの差分の2乗である誤差関数の値は、 5.0×10^{-4} であった。⁶⁰Co線源に近い位置の¹³⁷Cs線源の推定箇所ズレが生じたものの、もう一方¹³⁷Cs線源と⁶⁰Co線源の位置は正しく推定された。以上のように実測データを用いた場合でも、放射線源分布の推定が可能であることが示された。

参考文献

[1] Uemura and Yamaguchi: Estimation of radiation source distribution using machine learning with γ ray energy spectra, J. Adv. Simulat. Sci. Ecg. 7, 71-81(2020)

*Sota Suga¹, Yuto Kondo¹, Tsugiko Takase¹ and Katsuhiko Yamaguchi¹

¹Fukushima Univ.

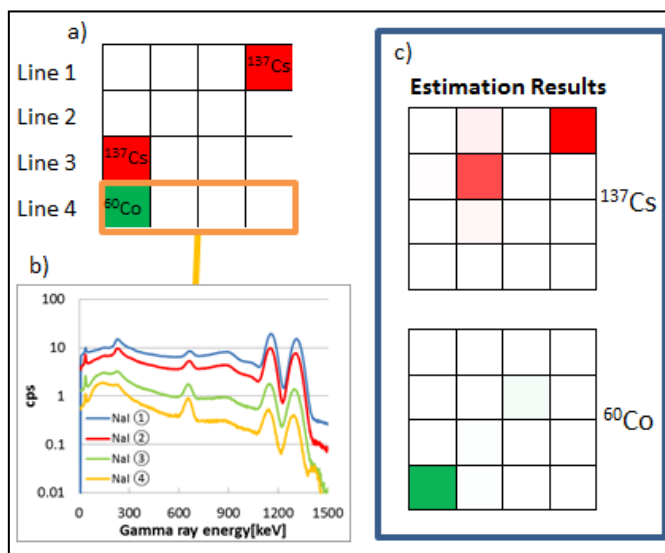


Fig.1 測定における線源分布とエネルギースペクトルの関係、および線源分布の推定結果

- a 検証パターンの放射線源分布
- b 検証パターン(Line4)におけるエネルギースペクトル
- c 推定結果の一例