

機械学習を用いた環境中放射性セシウムの放射能推定

Machine-learning Radioactivity Prediction of Radioactive Cesium in Environment

九大総理工¹, 新潟大², 日本分析センター³ ○(M1)高橋 龍平¹, 金 政浩¹, 後藤 淳², 大島 真澄³
 Kyushu Univ.¹, Niigata Univ.², JCAC³, °Takahashi Ryohei¹, Tadahiro Kin¹, Jun Goto², Masumi Oshima
 E-mail: takahashi.ryouhei.759@s.kyushu-u.ac.jp

序論：福島第一原子力発電所の事故以降、大量の放射性物質(Cs-134, 137やI-130など)が大気中へ拡散され、その後土壌や海、建築物などへ広がった。これらの放射性物質が出す γ 線は、人体に悪影響を及ぼす。事故から9年が経過し復興が進む中、放射性物質が含まれる可能性のある大量のがれきを処分する必要が出てきた。 γ 線を放出する放射性物質の分析はHPGeやNaI(Tl)検出器などを用いて行う。従来法であるコベル法⁽¹⁾による分析では、 γ 線スペクトルの光電ピークのみを解析に用いる。しかし、一般的な γ 線スペクトルは光電ピークの5-10倍程度のコンプトン成分も含まれている⁽²⁾。

そこで本研究では、 γ 線計測の時間短縮のため、コンプトン成分も含めたスペクトル全体の情報を使うことが可能な、機械学習を用いた解析手法の開発を目的とした。

学習データの作成および機械学習モデル：機械学習では大量の γ 線スペクトルと放射能のデータセットが必要になる。今回は福島第一原子力発電所の事故後10年経った現在も残る主要な放射性物質のCs-134,137を分析対象とする。また妨害核種として環境中に一般的に存在するK-40も考慮した。これら3核種が様々な割合で混じったスペクトルを大量に実測で取得することは現実的ではないため、今回はGeant4⁽³⁾を用いたスペクトル計算⁽⁴⁾によって作成した。なお、計測時間は60sとした。

学習モデルは畳み込みニューラルネットワーク(CNN)を採用した。モデルの詳細を次に示す。
 (i)入力層には4095個のユニットを用意し、 γ 線スペクトルのカウント数を与える。
 (ii)出力層には1個のユニットを用意。推定したい核種の放射能が出力される。
 (iii)中間層は1次元のCNNを採用した。
 (iv)損失関数はmse、学習方法はAdam⁽⁵⁾を使用。

解析手法：開発した学習モデルを用いてCs-137の放射能を推定した。用いたスペクトルデータは計測時間が固定であるため、コベル法と比較したときの計測時間の短縮効果を評価する以下の方法を考案した。まず、ある放射能の複数の

試料について、コベル法で求めた放射能の標準偏差を σ_{Cov} とする。この時、機械学習モデルで同じ試料を解析した場合の標準偏差が σ_{CNN} だったとする。この両者を比較して、 σ_{CNN} の方が小さければ、同じ計測時間でより高い精度を求めることができたと言える。計測時間増倍係数 c (Measurement time increasing factor: MTIF)を次式で定義し、性能評価に用いた。

$$c = \frac{\sigma_{Cov}^2}{\sigma_{CNN}^2}$$

結果・考察：開発した手法のMTIFをFig. 1に示す。放射能の正解値が10 Bq以上の時、開発した手法がコベル法に比べ良い性能を示すことがわかる。

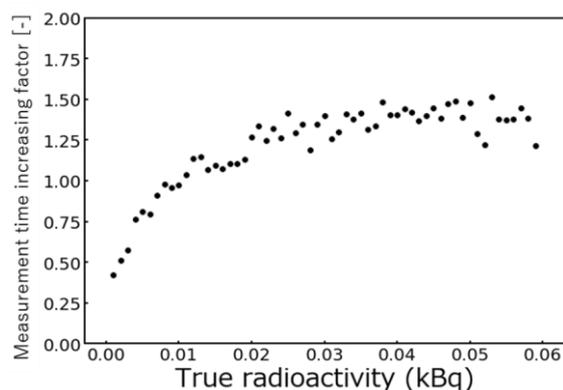


Fig. 1 Measurement time increasing factor: MTIF of the developed CNN model for the Covell method

結論：CNNを用いてスペクトル全体を用いた放射能推定を行い、低放射能の限定的な範囲以外では従来法より良い性能を持つことがわかった。今後は損失関数の改良を行い、全範囲で従来法に比べ良い性能を示す学習モデルの開発を行う。

参考文献

- (1) D.F. Covell, *Anal. Chem.*, **31** (1959) 1785.
- (2) Y. Mizumoto, *et al.*, *Radioisotopes* **36** (1987) 20.
- (3) J.Allison, *et al.*, *Nucl. Instr. Meth. A.* **835** (2016) 186.
- (4) J.Goto, *et al.*, *J. Radioanal. Nucl. Chem.* **314** (2017) 1707.
- (5) D.P. Kingma and J. Ba., arXiv:1412.6980,2014.

本研究は、JAEA 英知を結集した原子力科学技術・人材育成事業 JPJA20P20333366 の助成を受けたものです。