

## 核セキュリティ初動対応支援のための深層ニューラルネットワークモデルによる 核種判定アルゴリズムの開発

Development of Radioisotope Identification Algorithm based on Deep Neural Network Model  
for Supporting First Response on Nuclear Security Incidents

\*木村 祥紀<sup>1</sup>, 土屋 兼一<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 日本原子力研究開発機構, <sup>2</sup> 科学警察研究所

核物質や放射性物質を使用したテロ行為等に代表される核セキュリティ事象の現場初動対応において、原因となる核種の迅速な特定が必要不可欠となる。本研究では、現場初動対応者による原因核種特定を支援する技術として、機械学習を応用した核種判定アルゴリズムの開発を進めている。本発表では、深層ニューラルネットワーク（DNN）モデルを使用した低分解能小型ガンマ線検出器を対象とした核種判定アルゴリズムとその性能評価の結果について報告する。

**キーワード：**核セキュリティ、核種判定、ニューラルネットワーク、ガンマ線スペクトル

### 1. 緒言

核・放射線テロ事象の現場初動対応では、原因となる核種の迅速な特定や分類が必要不可欠である。これらは法執行機関等などの現場対応者により実施されることが想定され、そのため現場で使用される測定資機材の要件として放射線等に関する知識が十分なくても簡便・迅速に核種判定や定量が可能であることが必要となる。本発表では、核・放射線テロ事象の初動対応を支援する小型核種判定装置の開発を最終目標とした機械学習を応用した核種判定アルゴリズムの開発に関して、DNN モデルを使用した低分解能小型ガンマ線検出器を対象とした核種判定アルゴリズムとその性能評価の結果[1]について報告する。

### 2. 深層ニューラルネットワークモデルによる核種判定アルゴリズムと性能評価

本研究で開発した核種判定アルゴリズムでは、画像分類などで実績がある VGG-ILSVRC モデル[2]をもとにした 1 次元畳み込みニューラルネットワーク（1D-CNN）モデルにより、人工放射性核種（<sup>57</sup>Co, <sup>60</sup>Co, <sup>133</sup>Ba, <sup>137</sup>Cs, <sup>152</sup>Eu）、ウラン核種（<sup>235</sup>U）及び自然由来放射性核種（NORM: <sup>40</sup>K, <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th, <sup>238</sup>U）それぞれの解析対象エネルギー領域（ROI）における計数寄与率（Count Contribution Ratio: CCR）を推定し、①人工核種の CCR が NORM の合計 CCR を超過した場合、または、②<sup>235</sup>U の CCR が最大となった場合、に核種検知判定を自動的に行う。アルゴリズムの核種判定性能を試験する検出器として CsI(Tl)結晶を搭載した Kromek 社 SIGMA-50 を使用し、MCNP コード[3]による検出器応答シミュレーションをもとに構築したスペクトルデータベースにより学習した 1D-CNN モデルを使用したアルゴリズムについて、標準ガンマ線源及びウラン標準線源等を実際に測定したガンマ線スペクトルにおける核種判定性能を評価した。

### 3. 性能評価の結果と今後の課題

人工放射性核種については性能評価指標である F-score において 91.7（16 層モデル）及び 93.9（19 層モデル）を示し、高い核種判定性能が得られることを確認した。一方、ウラン標準線源等の測定スペクトルにおいては <sup>235</sup>U を検知判定することができなかった。これは低分解能検出器で測定したスペクトルについて、1D-CNN モデルが 200keV 以下のエネルギー領域に存在する <sup>235</sup>U と <sup>152</sup>Eu のピークを正しく識別できていないことに起因すると考えられる。今後の課題として、200keV 以下の領域に主要なピークを有する <sup>235</sup>U など一部核種の検知判定性能の向上を目指し、複数の異なる DNN モデルを使用したアンサンブル推定法の応用などに関して検討を進める。

**参考文献** [1] to be submitted to JNST., [2] K. Simonyan, et. al., ICLR2015., [3] C.J.Werner et.al., LA-UR-18-20808 (2018).

---

\*Yoshiki Kimura<sup>1</sup> and Ken'ichi Tsuchiya<sup>2</sup>. <sup>1</sup>JAEA, <sup>2</sup>NRIPS.