

γ 線スペクトルを用いた放射線源分布の推定と3次元可視化

Estimation and 3D Visualization of Radiation Source Distribution Using Gamma-Ray Spectra

植頭 省太, 山口 克彦
Uezu Shota, Katsuhiko Yamaguchi
福島大学大学院 共生システム理工学研究科

1 研究背景・目的

研究背景

2011年の東京電力福島第一原子力発電所事故により、メルトダウンした放射性物質が原子炉内に燃料デブリとして溜まっている。現在は、この原子炉の廃炉に向けた研究が行われているが、燃料デブリの取り出しや、その後の保管・処理には依然として多くの課題が残されている。特に、燃料デブリを収納する際には、内部に含まれる放射性物質の種類や分布を把握することが、安全性や作業効率の確保において重要となる。しかし、容器内部を直接観察することは困難であり、内部の状態を外部から推定するための手法が求められている。



図1 燃料デブリの様子 [1]

研究目的

γ 線スペクトルから放射線源分布を推定し、3D可視化を行う手法を構築する

γ 線エネルギースペクトルには放射線源の位置情報が直接含まれていないため、空間分布の把握は容易ではない。

シミュレーションで生成したスペクトルデータと既知の放射線源配置を用いてニューラルネットワークを学習し、測定スペクトルから放射線源の配置・強度分布を推定する手法を構築する。

推定結果を画像化・3D可視化することで、放射線分布を直感的に理解できるシステムの実現を目指す。

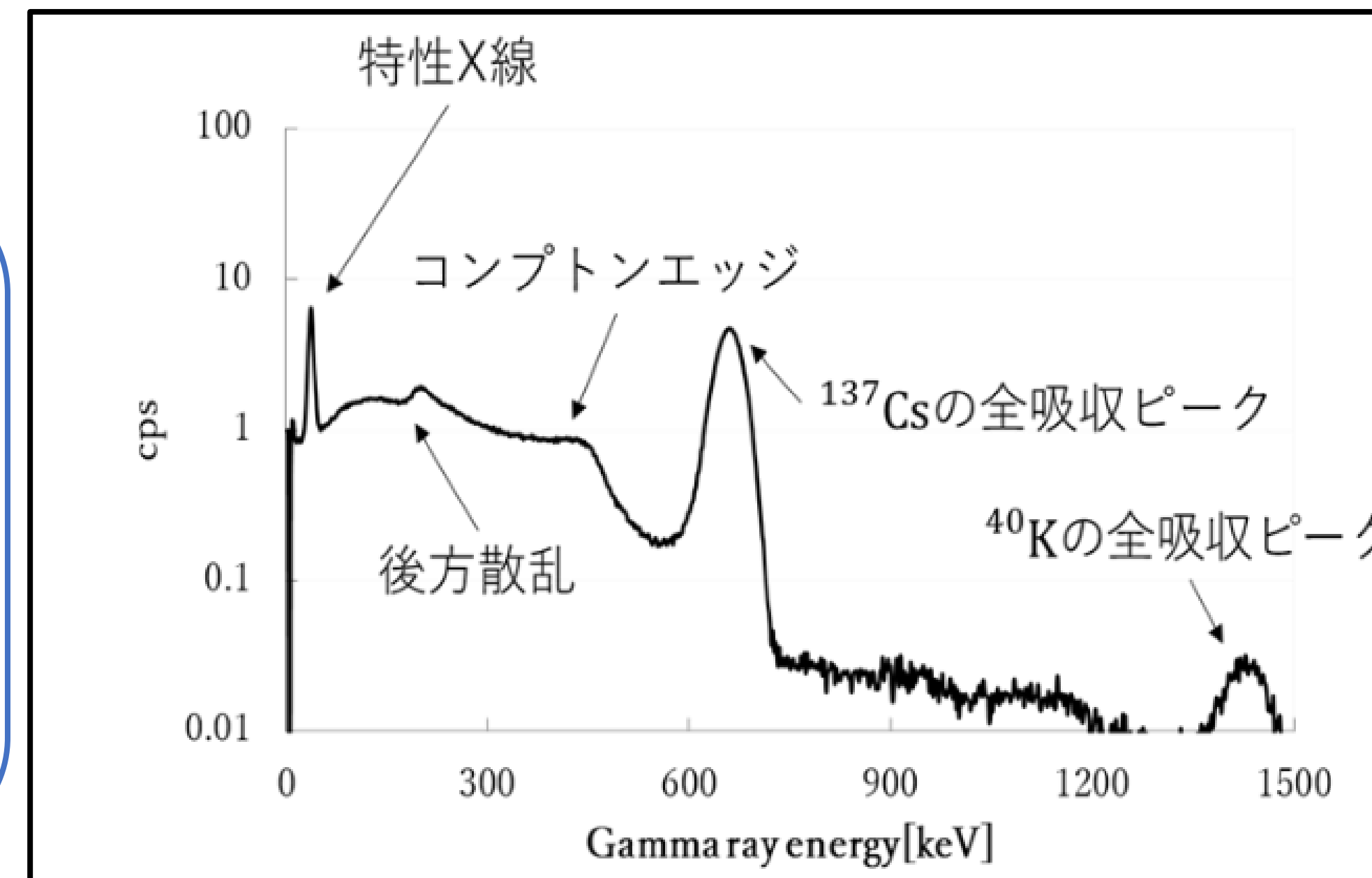
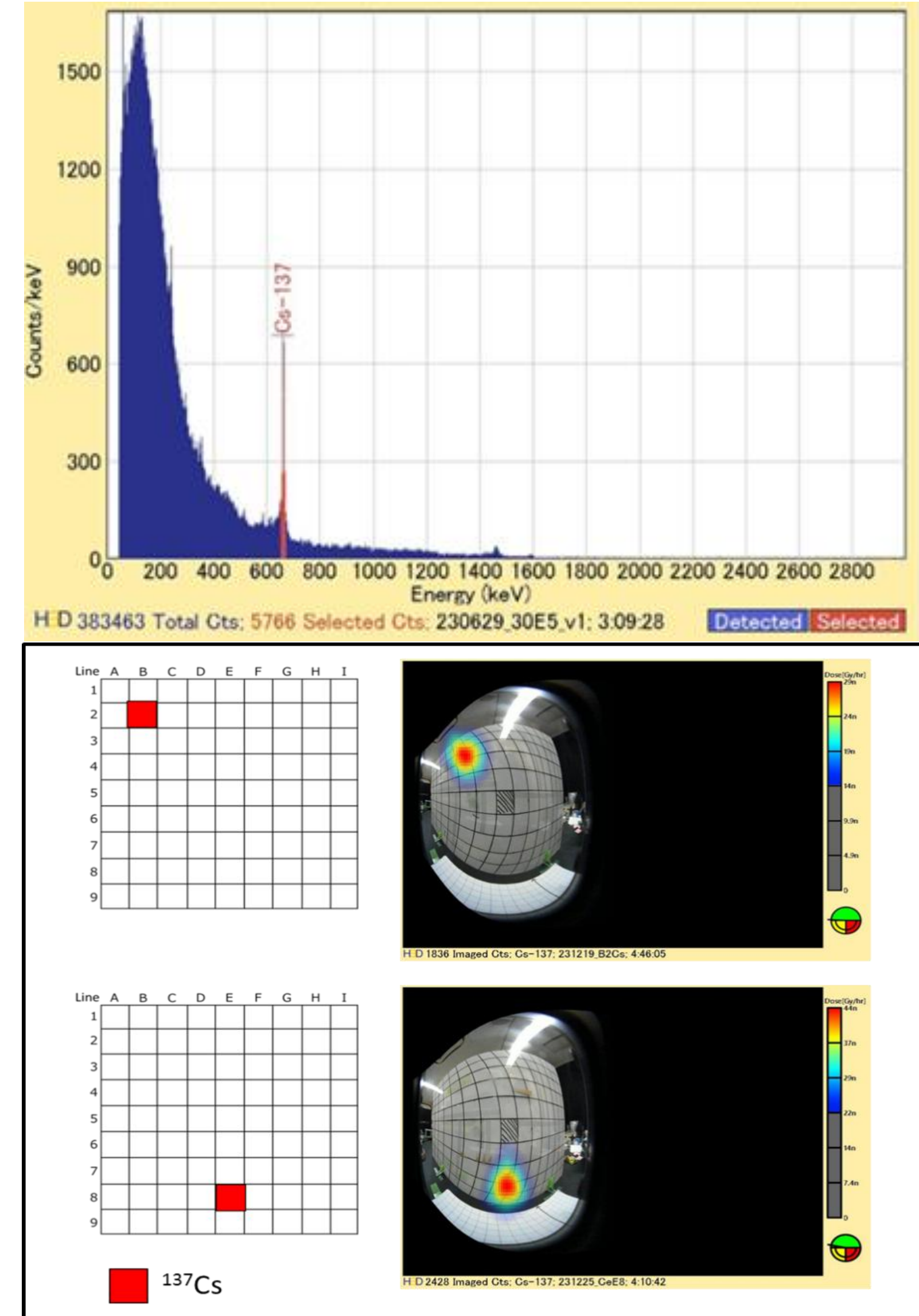


図2 ^{137}Cs の γ 線エネルギースペクトル [2]

2 手法

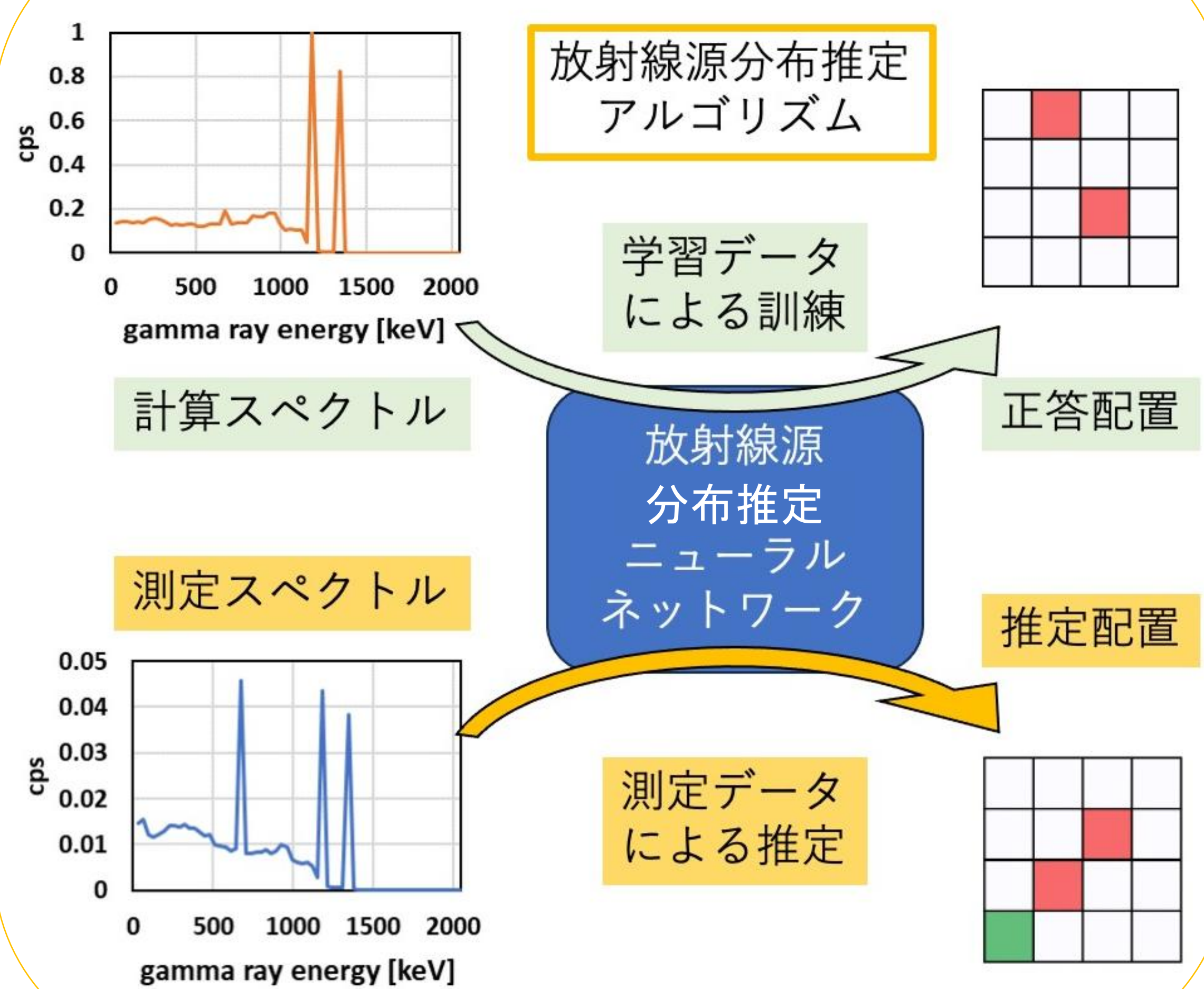
先行研究:コンプトンカメラによる2Dの分布推定



大規模シミュレーションによる学習データ生成
そのためPHITSを使用する

測定データ

γ 線エネルギースペクトルの活用



VR可視化

Meta Quest 3



[3]

3 結論・今後の展望

本研究では、 γ 線エネルギースペクトルを入力として放射線源分布を推定する手法を構築した。PHITSにより生成したシミュレーションデータを用いてニューラルネットワークを学習し、2次元分布推定と3D可視化の基盤を示した。これにより、スペクトル情報から空間分布を推定し、直感的に把握するための有効性が確認できた。今後は、実測スペクトルへの適用を進め、シミュレーションとの違いを評価する。

参考文献

[1]TEPCO (Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc.). "Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Decommissioning Plan." March 28, 2024.

[2]Sato, T., 「機械学習を用いた3次元構造物中における放射線源および遮蔽物の分布推定」, 福島大学大学院共生システム理工学研究科 修士論文要旨, 202

[3]Kumada, Y., Matsumoto, M., Suzuki, K., Takase, T., & Yamaguchi, K., 「Estimating radiation source distribution from measured γ -ray energy spectra」, Journal of Advanced Simulation in Science and Engineering, Vol. 12, No. 1, pp. 233–248, 2025.