

機械学習を利用したペレット外観検査技術開発 2 ～MOX ペレットを用いた実証と製造ラインへの導入に向けた検討～

Development of visual inspection technology of pellets using machine learning, 2;
Demonstration experiment using MOX pellets and consideration for introduction to production lines

*後藤 健太、廣岡 瞬、堀井 雄太、中道 晋哉、村上 龍敏、柴沼 公和、小野 高德、
山本 和也、畑中 延浩、奥村 和之 （日本原子力研究開発機構）

原子力機構プルトニウム燃料技術開発センターで進めている AI 技術を用いた MOX ペレットの自動外観検査技術の開発として、実際の MOX ペレットを用いて欠陥箇所の識別精度を評価するとともに、実用化に向けた検討を行った。開発した合否判定プログラムは、実用に十分な処理速度を有しているものの、欠陥の識別精度等に課題が残った。

キーワード：MOX, ペレット, 外観検査, 機械学習, 画像解析, AI

1. 緒言

MOX 燃料製造における有望な新技術として開発を進めている AI による自動外観検査技術については、これまで模擬ペレットを用いた開発・検証を進めてきた。本研究では、MOX 燃料施設で得られた MOX ペレットを用いて機械学習を行い、欠陥部分を識別する学習モデルを作成・評価するとともに、製造ラインへの導入に向けた検討を行った。

2. 外観検査プログラムの開発と MOX ペレットを用いた適用性確認

開発には、焼結や研削等で欠け・割れが生じた MOX ペレットの画像 141 枚（ペレット数 28 個）を用いた。このうち、113 枚について、図 1(左)のように画像中の欠陥箇所に「欠け」「割れ」の 2 種類の欠陥ラベルを与えたものを教師データとして機械学習を行った。得られた学習モデルを用いて、図 1(右)のように残りの 28 枚に対する欠陥識別精度を評価した。この結果、識別精度の高さを示す F 値は、欠けに対しては 67%、割れに対しては 36%となった。割れのあったペレットが少なかったため、学習量が相対的に少なくなり、識別精度がより低い結果となった。また図 2 のように、外観検査ステージ上で回転するペレットの映像に対し、学習モデルを用いた欠陥識別及び合否判定を行った。合否判定では、映像中のある瞬間を画像化し、その画像に対して欠陥識別を行い、ペレットに対する欠陥部分の面積比から合否の判定を行うという一連の流れを自動化したプログラムを用いた。複数枚の画像を必要とするペレット一周分の外観検査について、欠陥識別及び合否判定に要する時間は 3~4 秒程度であり、リアルタイムでの合否判定が十分可能であることを確認した。

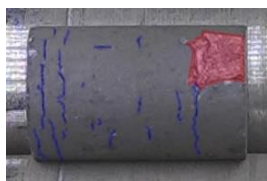


図 1. 人間が与えた欠陥部(左)と機械が識別した欠陥部(右)
(赤：欠け 青：割れ)



図 2. 撮影した映像(左)に対する機械の識別 (右)
(赤：欠け 緑：正常)

3. 結論

実際の MOX ペレットを用いて機械学習による欠陥箇所の識別精度を確認し、実用化に向けた検討を行った。開発した合否判定プログラムは実用に十分な処理速度を有していることを確認したが、識別精度については課題残り、さらに多くの教師データを用いて学習させる必要がある。また、今回は欠陥部分の面積比のみを元に合否判定を行ったが、割れの長さやペレット自体の形状等の判定プロセスも構築する必要がある。

*Kenta Goto, Shun Hirooka, Yuta Horii, Shinya Nakamichi, Tatsutoshi Murakami, Kimikazu Shibamura, Takanori Ono,

Kazuya Yamamoto, Nobuhiro Hatanaka, Kazuyuki Okumura

JAEA