

## 機械学習による核分裂生成物収率の評価

Evaluation of fission products yields with machine learning

\*陳 敬徳<sup>1</sup>, 向原 悠太<sup>1</sup>, 石塚 知香子<sup>1</sup>, 千葉 敏<sup>1</sup>

<sup>1</sup>東京工業大学

機械学習の一手法であるベイジアンニューラルネットワーク (BNN) モデルを利用し、JENDL-5 の  $^{236}\text{U}$  と  $^{239}\text{Pu}$  の核分裂生成物収率データを学習データとして使用し、精度が一番高いモデルを選んで、実験データを再現し、評価済みデータの存在しない 1MeV から 5MeV までの入射エネルギーにおける核分裂生成物収率を予測する。

**キーワード**：核分裂生成物収率、機械学習、ベイジアンニューラルネットワーク

### 1. 緒言

一般的には  $^{236}\text{U}$  と  $^{239}\text{Pu}$  の熱中性子誘起核分裂では、1000 を超える核分裂生成物が生成され、その収率は  $10^{-15}\sim 10^{-2}$  まで広く分布している。しかし、現在の核分裂生成物収率の実験データでは、入射エネルギー一点として 0.0253eV (熱中性子)、500keV と 14MeV の核データしか与えられておらず、これから発展する高速炉の設計、廃棄物の処理、原子炉の毒作用の把握、核鑑識等の新規分野のためには不十分である。また、現在の理論モデルでは、精度高く核分裂生成物収率の実験データを再現することがなかなかできない状態である。そこで、機械学習モデルを利用し、JENDL-5 にある核分裂生成物収率データを教師付き学習データとして用いて再現性の高い機械を育成し、さらに現在データの存在しない入射エネルギー 1MeV から 5MeV までの核分裂生成物収率を予測することが今回の研究目的である。

### 2. 手法

まず、今回で選んだモデルはベイジアンニューラルネットワーク (BNN) モデル[1]である。BNN モデルは事前分布 (JENDL-5 にある既知の核分裂生成物収率のデータ) を学習し、予測値を出力するモデルである。また、その予測値に対してどの程度の信頼性を持っているのかを具体的な数値で表現できるモデルである。最初に、入力として選んだのは分裂核の質量数、陽子数、励起エネルギー、核分裂生成物の質量数と陽子数で、重みを調整することで一番再現性が高いモデルをトレーニングする。更に、トレーニングされたモデルを利用し、他の入射エネルギーがない核分裂生成物収率データを予測する。

### 3. 結論

図 1 では現在の  $^{235}\text{U}$  の熱中性子誘起核分裂を BNN で学習させた結果である。現状では誤差の予測値が負の領域になっていたり A=134 のピークを含む FPY の微細構造までは再現できていないので、これからこの方面で改善したい。

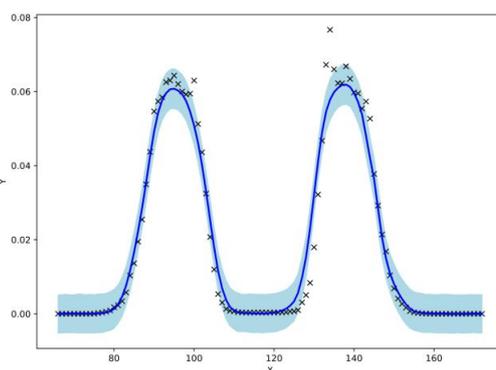


図 1  $^{235}\text{U}$  の熱中性子誘起核分裂の核分裂生成物収率分布で、核分裂片の質量数 (横軸) とその収率 (縦軸) の関係で、×が JENDL-5 の実験データで、青い曲線は BNN によるフィット線である。

### 参考文献

[1] David J.C Mackay et al., Phys. Res. A 1, 354(1995).

\*Jingde Chen<sup>1</sup>, Yuta Mukobara<sup>1</sup>, Chikako Ishizuka<sup>1</sup>, Satoshi Chiba<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tokyo Tech.