

チャネル結合光学模型を用いた 核子-原子核散乱に対するポテンシャルの最適化

The optimization of the optical potential for nucleon-nucleus scattering
by using coupled-channel optical model

*渡辺 証斗¹, 湊 太志², 木村 真明¹, 岩本 信之²

¹北海道大学, ²JAEA

ガウス過程による回帰分析を通して、核子-原子核散乱断面積の実験データを再現するように、チャネル結合光学模型のパラメータ最適化を行った。その結果について報告し、本手法の有用性について議論する。

キーワード: チャネル結合光学模型, 光学ポテンシャルパラメータ, パラメータ最適化, 弾性散乱角度微分断面積

1. 緒言

核反応データの評価に機械学習を導入することで、人的・時間的コストの削減だけでなく、従来扱えなかった大量の核反応情報を投入した評価など、多くの利点が期待できる。今回、その有用性を検証するためにガウス過程回帰を通したベイズ最適化を用い、核反応模型のパラメータ最適化を試みた。

2. 手法と結果

ガウス過程回帰を通したベイズ最適化を用いてチャネル結合光学模型のパラメータを推定するため、Python ライブラリである GPyOpt[1] に核反応計算コード CCONE[2] を組み込んだ。その後、インプットとして中性子全断面積と弾性散乱角度微分断面積を用い、光学ポテンシャルのパラメータの最適化を行った。

一例として、中性子と ^{56}Fe の弾性散乱角度微分断面積に対し、実部体積項ポテンシャルの深さ V_R^0 と半径 r_0 の 2 つのパラメータを最適化した結果を図 1 に示す。赤点はガウス過程回帰によって求めた最適値であり、より多くのデータに対して最適化を行った先行研究 [3] (黄点) とは若干異なる結果となった。また等高線とカラープロットは、評価関数の予測値を示しており、ポテンシャルの深さと半径の間に負の相関がある事が見て取れる。

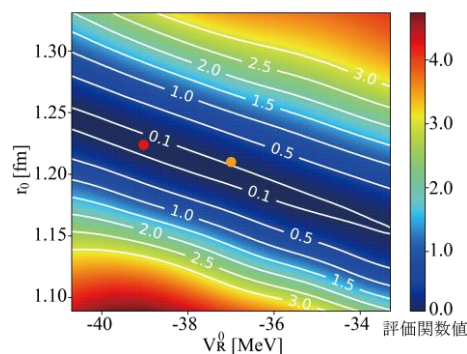


図 1 ポテンシャルの深さ V_R^0 と半径 r_0 に対する評価関数の予測値(等高線およびカラープロット)。赤点と黄点は、ガウス過程回帰による最適値と先行研究 [3]での最適値。

3. 結論

核反応模型のパラメータ最適化にガウス過程回帰を用いることで、従来と同等の結果に加えて、パラメータ間の相関も得られることを例示した。今回は小規模なデータセットに対してパラメータの最適化を行ったが、今後は本枠組みを大規模化することで、機械学習の有用性を詳しく検証していく予定である。

参考文献

[1] <https://github.com/SheffieldML/GPyOpt>

[2] O. Iwamoto, N. Iwamoto, S. Kunieda, F. Minato and K. Shibata, Nucl. Data. Sheets 131, 259 (2016), and references therein.

[3] S. Kunieda, S. Chiba, K. Shibata, A. Ichihara, E. Sukhovitski, J. Nucl. Sci. Technol. 44, 838 (2007).

*Shoto Watanabe¹, Futoshi Minato², Masaaki Kimura¹ and Nobuyuki Iwamoto²

¹Hokkaido Univ., ²JAEA