

Bayesian Monte-Carlo 法に基づく次元削減断面積調整法の検討

Dimension-reduced cross-section adjustment method based on Bayesian Monte-Carlo method

*福井 悠平¹, 遠藤 知弘¹, 山本 章夫¹

¹名古屋大学

ロバストなデータ同化手法である Bayesian Monte-Carlo 法に次元削減を組み込んだ断面積調整手法を新たに提案した。共分散データに基づいて摂動させた断面積セットを仮想的な真の断面積セットとみなし、それを用いた連続エネルギーモンテカルロ計算により仮想的な実験値を求めた。この仮想的な実験値に対して提案手法を適用することで、Monte-Carlo サンプル数に対する調整解の収束性の向上を検証した。

キーワード：断面積調整、次元削減、Bayesian Monte-Carlo 法、データ同化

1. 緒言

既存の断面積調整法には、事前事後分布に対する多変量正規分布を仮定している点と、計算条件によっては逆行列計算部分においてランク落ちする可能性があるという問題点がある。そこでロバストなデータ同化手法である Bayesian Monte-Carlo(BMC)法に注目した。BMC は乱数に基づいて解を求める手法であるため、入力次元数が大きい体系ではサンプル数に対する解の収束性が低下することが考えられる。先行研究[1]では核反応断面積を始めとする核データの低ランク近似（次元削減）の有効性が示されていることから、次元削減を組み込んだ BMC 法に基づく断面積調整の有効性について検討を行う。

2. 計算手順

エネルギー56 群の相対共分散データに基づいたランダムな断面積摂動量 $\vec{f}$ に従い、²³⁵U の弾性散乱、非弾性散乱及び核分裂断面積を摂動させた仮想的な断面積セットを用意した。作成した断面積セットを利用して連続エネルギーモンテカルロ計算コード MCNP6.2 で解析することにより、ICSBEP の Godiva における実効増倍率と領域毎核分裂率比の仮想的な測定値を得た。仮想的な測定値を基に BMC 法に基づく次元削減断面積調整を行い、入力として用いた断面積摂動 $\vec{f}$ を逆推定できるかについて検討した。

3. 解析結果

指標 $\chi^2 = \sum_i \left(\frac{f_{\text{post},i} - f_{\text{ref},i}}{\sigma_{f,i}} \right)^2$ により、調整後の推定

断面積摂動量 $f_{\text{post},i}$ と仮想的な真値 $f_{\text{ref},i}$ の差異を調べた($\sigma_{f,i}$ は推定値 $f_{\text{post},i}$ の不確かさ)。①次元削減しない場合(Normal)、②共分散行列の固有値分解による次元削減を用いた場合(DRCA1)、③感度係数行列と共分散行列の積の特異値分解による次元削減を用いた場合(DRCA2)について BMC を適用し χ^2 値を調べた。図 1 より、次元削減を用いることで、少ないBMC サンプル数でも断面積調整解が収束することが確認できた。

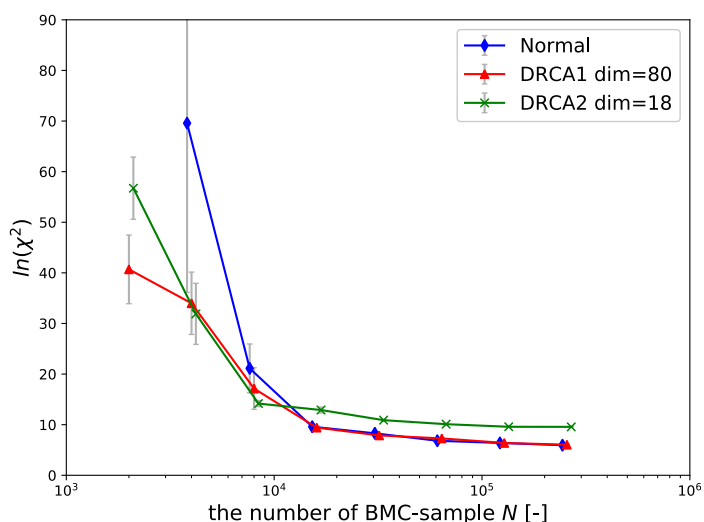


図 1 サンプル数に対する収束性

参考文献

[1] K. Yokoyama, A. Yamamoto T. Kitada, “Dimension-reduced cross-section adjustment method based on minimum variance unbiased estimation”, *J. Nucl. Sci. Technol.*, **55**(3), 319-334, (2018).

*Yuhei Fukui¹, Tomohiro Endo¹ and Akio Yamamoto¹

¹Nagoya University