

プロジェクト名(タイトル):

理研小型中性子源 RANS の開発のための独自関数および核データライブラリーを用いた
中性子発生計算

利用者氏名:

○若林 泰生(1)、Ma Baolong(1)

理研における所属研究室名:

(1)光量子工学研究センター 中性子ビーム技術開発チーム

1. 本プロジェクトの研究の背景、目的、関係するプロジェクトとの関係

メガ電子ボルト(数~100MeV)エネルギー陽子線核反応を利用した小型中性子源の開発において、入射核および標的核の組み合わせによる原子核反応を用いた中性子発生プロセスは、ターゲット減速材反射材デザイン、遮蔽見積りや試料への中性子照射、検出器開発などに関わる一番重要な部分である。特に、我々のチームが進めているインフラ検査技術のための理研小型中性子源 RANS だけでなく、例えば医療関係などの中性子源を製作していくにあたり、中性子発生量および角度分布・エネルギー分布の見積もりは、遮蔽量や形状など中性子源の大きさや製作費に直結するため、精度が高くなければならないにも関わらず、核データが不足しており、世界的に加速器中性子源発生や遮蔽計算には数倍から10倍程度の不確定性がある。我々は、中性子発生に関して独自関数の開発を行っており、精度を高めるため、統計量の増加や既存の核データライブラリーとの比較・検討を行っている。

独自関数を用いた RANS 開発のための放射線輸送計算を中心としたモンテカルロシミュレーションによる遮蔽体、ビームラインなどを含めた大規模設置が必要であり、通常の PC では数か月以上の時間を要する。独自関数の精度を高め、非破壊検査技術開発など、世界に先駆ける結果を得る研究開発を実施するため、スーパーコンピュータを用いて、統計量の増加および計算回数を増やす必要がある。

2. 具体的な利用内容、計算方法

GEANT4 や MCNP、PHITS などのモンテカルロシミュレーションコードを必要な計算に応じて使い分け、RANS 開発のため、陽子とベリリウム標的による中性子発生部分に独自関数を組み込んだ上記モンテカルロシミュレーションによる遮蔽体やターゲットステーション、線形加速器などビームラインを含めた大規模設置による放射線輸送シミュレーションを行う。

3. まとめ

去年度に報告を行った、独自関数を RANS 体系に組み込み、将来的な RANS アップグレードに向け、遮蔽体外のバックグラウンド中性子とガンマ線による周辺線量の低減(低線量化)、および、遮蔽体総重量の低減(軽量化)を目指した、複層遮蔽構造に関する計算の論文化を行った。(成果リスト参照)

4. 今後の計画・展望

RANS を用いて、今回得たようなシミュレーション計算や実験的検証を行い、シミュレーション計算にフィードバックする。引き続きモンテカルロシミュレーションを用いた遮蔽構造、ビームラインなどを含めた大規模設置による独自関数を用いた中性子発生シミュレーションを行い、RANS の中性子施設としての更なる改良・改善のため、独自関数の精度の向上および RANS 開発を進める。

5. 利用がなかった場合の理由

去年度までに報告した計算結果などをまとめ、論文化したため、また、本務の業務との兼ね合いもあり、2023 年 11 月末日までの利用をしなかった。

2023 年度 利用研究成果リスト

【雑誌に受理された論文】

Baolong Ma, Mingfei Yan, Yasuo Wakabayashi, Kunihiro Fujita, Chihiro Iwamoto, Atsushi Taketani, Yujiro Ikeda, Sheng Wang, and Yoshie Otake, "Experimental Verifications for a Multiobjective Shielding Design Method on a p-Be Neutron Source With Injection of 7 MeV Protons", IEEE Transactions on Nuclear Science, Volume 70, Issue 11, pp.2397-2405, (2023).

DOI 10.1109/TNS.2023.3323284

※ただし、去年度の結果を元に、2023 年 11 月に出版されたもの