

課題名 (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

理研での所属研究室名 : 中性子ビーム技術開発チーム

1. 本課題の研究の背景、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 倍の不確実性がある。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、シミュレーションに通常の 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、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ーを用いて、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. 結果

今年度においては、シミュレーションコード PHITS[T. Sato et al., J. Nucl. Sci. Technol. Vol.50, pp.913-932 (2013)]を用いて、図 1 の中性子工学施設

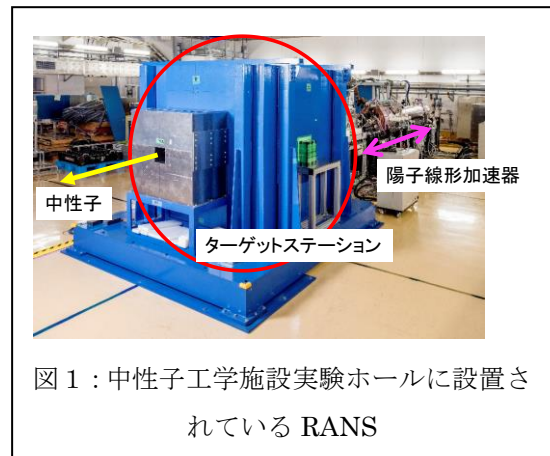


図 1 : 中性子工学施設実験ホールに設置されている RANS

実験ホールに設置されている RANS の写真に示すような RANS システム(陽子線形加速器、ターゲットステーション、標的システムなど)および中性子工学施設実験ホールを体系として組み込み、7MeV 陽子とベリリウム標的による中性子発生源として独自関数[Y. Wakabayashi et al., JAEA-Conf2016-004, pp.135-140 (2016)]を組み込んだ放射線輸送計算を開始した。図 2 は PHITS に体系として組み込んだ

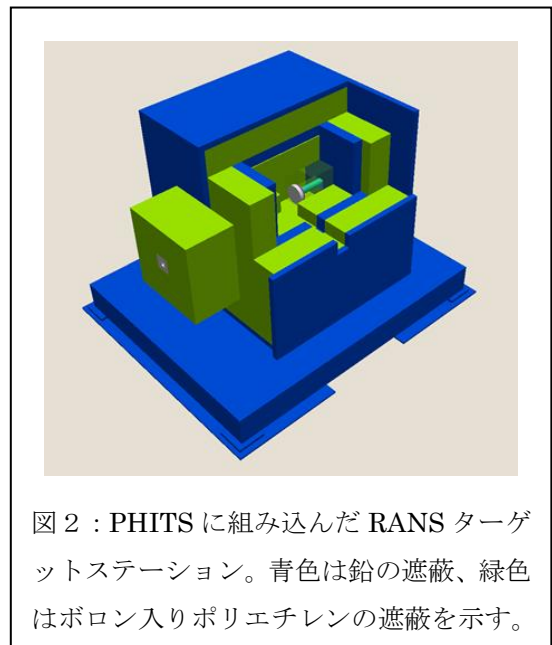
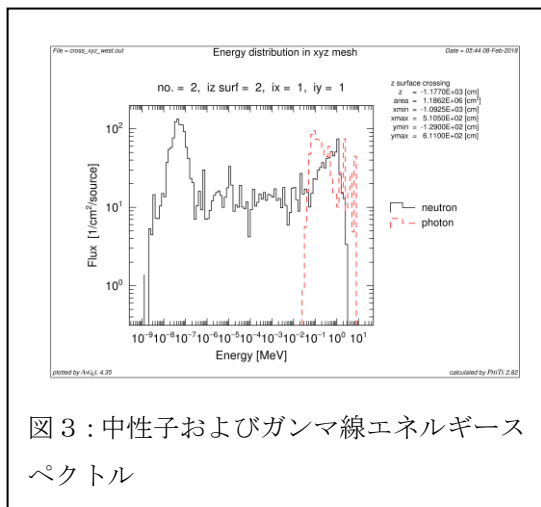


図 2 : PHITS に組み込んだ RANS ターゲットステーション。青色は鉛の遮蔽、緑色はボロン入りポリエチレンの遮蔽を示す。

RANS ターゲットステーションである。計算結果の例として、入射陽子を 10^6 個打ち込んだ場合の加速器後方あたりでの中性子およびガンマ線エネルギースペクトルを図 3 に示した。縦軸は陽子一個の入射に対する Flux [$1/\text{cm}^2/\text{source}$]、横軸はエネルギー [MeV] である。このように、どの位置でどのようなエネルギーの中性子およびガンマ線が生じているかのシミュレーションを行い、RANS での実験データや中性子発生源として既存の核データライブラリーを用いた計算との比較・検討を行うことで、独自関数の精度向上および RANS 開発を行っている。



4. まとめ

独自関数の精度向上および RANS 開発のため、独自関数および RANS システムおよび中性子工学施設実験ホールを取り入れ、シミュレーションコードとして PHITS を用いた大規模計算を開始した。その第一歩として、検討に必要なエネルギースペクトルなどを得る事ができた。

5. 今後の計画・展望

引き続き PHITS を用いた遮蔽体、ビームラインなどを含めた大規模設置による RANS スペクトルを用いた中性子発生シミュレーションを行い、独自関数の精度の向上および RANS 開発を進める。また、シミュレーションコード GEANT4 を用いた計算も行う予定であり、PHITS と併用し、独自関数の精度の向上および RANS 開発を進めていく予定である。