共鳴理論に基づく断面積・共分散評価コード AMUR の改良

Extension of nuclear evaluation code AMUR based on the resonance theory

*国枝　賢　（原子力機構）

R 行列理論に基づく断面積・共分散解析コード AMUR を改良し、計算可能な物理量の拡大、解析オプション・利便性の拡張等を行った。改良版コードの概要を報告すると共に核データ評価への適用性を議論する。

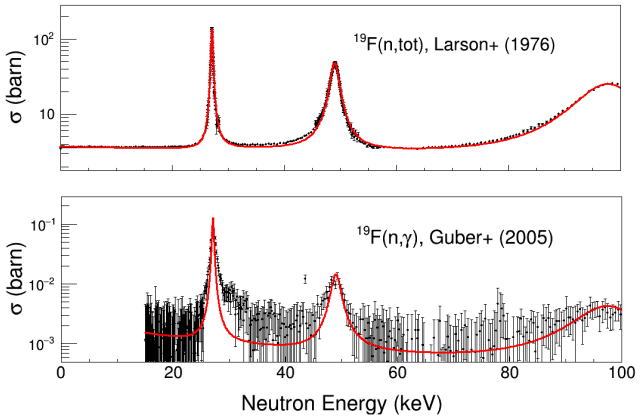
キーワード：共鳴領域、核データ評価、断面積、共分散、R 行列理論、解析コード、中性子捕獲反応

【1. 緒言】　共鳴領域における中性子断面積およびその共分散は原子力工学における重要な基礎データである。近年では BNCT 加速器中性子源の開発、天体核物理学や微量分析技術の為の標準データとして軽核に対する荷電粒子反応断面積の整備も求められており、必要とされるデータや応用分野は多岐に亘ろうとしている。しかし、我が国における核データコミュニティには、共鳴領域における測定や評価の経験・知見が欧米諸国に比べて不十分であった。事実、汎用ライブラリ JENDL-4.0 に格納されている殆どの共鳴パラメータは欧米諸国による測定値や評価値がベースとなっている。近年、J-PARC 等における中性子共鳴データの測定が開始され、我が国でも共鳴断面積の測定データが蓄積されていくことが期待されている。一方、測定データの解析はなお欧米諸国のコードに頼っているのが現状である。しかし理論計算オプションや計算可能な物理量、あるいは解析条件に制約がある等の適用限界があり、諸国のコードは一長一短の性格を有している。

【2. 計算コードの改良】　これまでに軽核断面積評価用に開発した R 行列理論解析コード AMUR [1]により中性子・荷電粒子の断面積を計算することができる。本研究では、コードの汎用性・拡張性および利便性を高めることを目的とし、1) 理論計算および 2) 測定データ解析クラスに対して下記の改良を行った。

1) 標準的な R 行列理論に Reich-Moore の近似を導入し、捕獲反応断面積の計算を行えるように改良した。また、スピン 1/2 の粒子に対して偏極分解能の計算を行えるようにプログラムを拡張した。さらに、共鳴パラメータに対する断面積の感度解析等を簡便に行える機能を追加した。
2) エネルギーノード自動取得法や並列計算機能を導入し、励起関数および感度行列の計算を高速に行えるようにした。また、自由ガスモデルに基づくドップラー広がりの計算機能を追加した。さらに CERN ライブラリ ROOT や関数ポインタ等を効果的に用いることで、系統誤差やバックグランド等、測定条件に対する補正を柔軟に行えるように設計した。なお、全ての理論・測定に関わるパラメータを、一般化最小二乗法を用いて探索し、共分散と共に推定することが可能である。

【3. 結果】　本コードの適用例として ^{19}F の中性子断面積測定データと予備解析結果を示す。図のように Reich-Moore の近似を用いて全反応断面積および捕獲反応断面積の測定データを同時にフィットし、R 行列理論や測定に関わるパラメータを取得することが可能である。



図：^{19}F の中性子全断面積、捕獲断面積の解析結果

[1] S.Kunieda et al., Nucl. Data Sheets, 118, 250 (2014).

*Satoshi Kunieda (Japan Atomic Energy Agency)