

WG活動紹介

共分散評価WG

日本原子力研究所

柴田 恵一

e-mail: shibata@cracker.tokai.jaeri.go.jp

1. はじめに

本WGは1993年5月に神田先生(現 大分高専)をリーダーとして発足した。周知のようにJENDL-3には共分散(誤差)ファイルは格納されておらず、世界の3大ライブラリーの一つといわれながら、少々肩身の狭い思いをしてきた。(但し、ENDF/B-VIでは43核種、JEF-2.2に至っては15核種にしか共分散データは与えられていない。しかも、Pu-239の共分散が欠落していたり、内容的には満足いくものではないのだが.....)

JENDL-1以来、核データ評価において、我々は平均値を如何に求めるかを考えてきた。その際、測定値の誤差或いは計算パラメータの誤差を多少なりとも考慮してきたが、最終的に評価値の誤差は与えてこなかった。そこで、本WGの使命は、評価者のために共分散評価手法を確立することにあった。ただ、単に机上の議論だけだと開発した手法が、実際の共分散評価でどの程度使いものになるかが分からなかったので、演習問題という意味でJENDL-3.2の幾つかの核種の共分散ファイルを作成した。

前回、核データニュースに本WGの報告が載ったのは1994年の10月である。それからちょうど4年が経過し、この機会に4年間に何をやってきたかをここに纏めておく。

2. 評価用ツールの開発

核データの評価は測定値に基づくもの、理論計算値に基づくもの、或いはそれらの組み合わせである。そこで、測定値並びに理論計算に基づく評価の共分散を算出する必要がある。

2.1 測定値に基づく共分散

評価によく使われるのは、最小自乗法によるfittingであろう。我々のグループ

では測定値に基づく共分散の導出に米国アルゴンヌ研究所で開発された GMA コード[1,2]を使っている。このコードは最小自乗 fitting コードで、各測定値の系統誤差及び統計誤差を入力することにより、平均値（評価値）とその共分散を計算する。評価者がなすべきことは、測定値の選択及びそれぞれの測定値の誤差成分の解析である。即ち、与えられた全誤差の内、系統誤差が何%、統計誤差が何%かを決定する必要がある。論文、報告書等の実験・解析の記述からそれらの情報を読みとる必要があり、この種の作業の最も手間のかかるところである。

2.2 理論計算値に基づく共分散

核データ評価において、測定値と共に大きなウエイトを占めるのが理論計算である。理論計算には必ず入力パラメータがあり、その誤差が計算結果の誤差に伝播される。九州大学のグループはこの理論計算に基づく誤差の推定のために KALMAN[3]と呼ばれる計算システムを開発した。この KALMAN では計算に用いる入力パラメータの共分散のある種の物理量の理論値と計算値との比較より求めている。例えば、全断面積の測定値より光学模型パラメータの平均値及びパラメータ間の共分散を決定できる。

この種の計算のメリットは何か。何れにしる測定値を使うのなら、直接測定値への最小自乗フィットにより共分散を求めた方が手っ取り早いのではないかと思われるかもしれない。例えば、光学模型を用いて、全断面積の測定値より模型パラメータの平均値と共分散を決定することができる。同じ平均パラメータ及び共分散を使って測定値の少ない弾性散乱や非弾性散乱断面積及びその誤差も決定することができる。即ち、測定値のない反応やエネルギー領域での誤差を合理的に決定することが可能になる。

現在、この KALMAN システムでは、光学模型、統計模型、チャンネル結合模型及び非分離共鳴領域での強度関数模型による共分散の推定が可能となっている。本来、これらの核模型にはそれ自身の不完全さに基づく誤差もあるはずであるが、それらは評価のしようがなく、入力パラメータの誤差にそれらが組み込まれていると解釈すべきである。

3. JENDL-3.2 の共分散ファイル

本 WG では演習問題として JENDL-3.2 共分散ファイルを高速炉で重要な幾つかの核種について整備してきた[4-8]。現在までに、B-10、B-11、O-16、Na-23、Mn-55、Fe、U-235、U-238、Pu-239、Pu-240、Pu-241 の 11 核種についてデータ

を整備した。これらは、動燃で行われている高速炉のための炉定数調整作業の基礎データとして用いられている。本 WG にはこれらの共分散データの利用者も参加しており、利用者側からのフィードバックは我々のデータ整備にとって貴重な情報となっている。

共分散が評価された物理量は、断面積、分離・非分離共鳴パラメータ、弾性散乱角度分布の1次のルジャンドル展開係数である。ルジャンドル係数の誤差は散乱角の平均余弦の誤差を推定するために求められた。また、一部の核種では核分裂による平均中性子数や核分裂中性子スペクトルの誤差も求められている。

我々が整備しているのは JENDL-3.2 の共分散であり、JENDL-3.2 の評価がどの様に行われたかによって、その推定法も違ってくる。即ち、測定値に基づくか理論計算の基づくか。また、共分散の推定は本質的にデータの再評価を行っている訳で、その結果（平均値）が JENDL-3.2 と大きく食い違うこともある。例えば、JENDL-3.2 では MeV 領域の捕獲断面積に direct, semi-direct 過程が考慮されていない場合があり、その様なときは便宜的に理論的に予想される値と JENDL-3.2 との差を誤差として与えた。本来、平均値と誤差は同時に求めるべきものであるが、今回の作業は既にある平均値 JENDL-3.2 に対して共分散を求めなければならないという制約から、このようなことがおこる。

4. 共分散処理システムの開発

共分散ファイルが出来ても、それを処理できなければ宝の持ち腐れである。NJOY は一応共分散の処理が出来ることになっているが、かなり使用上の制約があった。そこで、動燃と住友原子力により NJOY ベースの共分散処理システムが現在開発されており、本 WG もそれに協力している。我々の整備した共分散ファイルを実際を使って、データ処理上の問題点を洗い出し、より使い易いシステムを構築中である。また、共分散ファイルを使ってもらうことにより、フォーマット等データの問題点を明らかにすることが出来た。

5. 今後の課題

今年度は、分離共鳴パラメータの共分散、今まで整備した共分散データの見直し、そして Cr, Ni, U-233 の共分散ファイル作成を行っていく。WG 発足から6年目を迎え、ツールの開発、JENDL-3.2 ベースの共分散ファイルの作成と着実に成果を上げてきた。本 WG は冒頭述べたように、あくまでも共分散評価手法の確立を目指したものであり、その使命はほぼ全うできたものとする。従って、

上記の作業を終えた後に、最終報告書を作成し一両年中に WG を解散することでメンバー及び運営委員会の了承を得ている。今後、本 WG の開発したツール並びに共分散ファイル作成経験を参考に、JENDL-3.3 の評価を進めていただければと思っている。

現在のワーキンググループ・メンバー

石川 眞 (動燃)、小田野 直光 (原研)、河野 俊彦 (九大)、神田 幸則 (大分高専)、柴田 恵一 (原研、リーダー)、杉本 昌義 (原研)、千葉 敏 (原研)、中島 豊 (RIST)、長谷川 明 (原研)、松延 広幸 (データ工学)、村田 徹 (アイテル)

→ 光

参考文献

- [1] Poenitz W.P.: "Data Interpretation, Objective Evaluation Procedures and Mathematical Techniques for the Evaluation of Energy-Dependent Ratio, Shape and Cross Section Data", Proc. Conf. Nuclear Data Evaluation Methods and Procedures, BNL-NCS-51363, p.249 (1981).
- [2] Nakamura M. and Shibata K.: "Uncertainties in Evaluated Total Cross-Section Data for 14 Nuclides Contained in JENDEL-3.2", JAERI-Research 95-068 (1995).
- [3] Kawano T. and Shibata K.: "Covariance Evaluation System", JAERI-Data/Code 97-037 (1997) [in Japanese].
- [4] Shibata K. et al.: "Estimation of Covariance Data for JENDL-3.2", Proc. Int. Conf. on the Physics of Reactors, PHYSOR96, Mito 1996, p.F31 (1996).
- [5] Shibata K. et al.: "JENDL-3.2 Covariance File for Fast Reactors", Proc. Int. Conf. Nuclear Data for Science and Technology, Trieste 1997, p.904 (1997).
- [6] Oh S.Y. and Shibata K.: "Evaluation of Covariance Data for Chromium, Iron and Nickel Contained in JENDL-3.2", J. Nucl. Sci. Technol., **35**, 66 (1998).
- [7] Shibata K. et al.: "Estimation of Covariances of ^{16}O , ^{23}Na , Fe, ^{235}U , ^{238}U and ^{239}Pu ", JAERI-Research 97-074 (1997).
- [8] Shibata K. et al.: "Estimation of Covariances of ^{10}B , ^{11}B , ^{55}Mn , ^{240}Pu and ^{241}Pu ", JAERI-Research 98-045 (1998).