

WG活動報告(I)

共分散評価WG

九州大学大学院 総合理工学研究科

神田 幸則

1. はじめに

核データに対する共分散は核データ分野では古い話題である。それが今何故にワーキンググループを作って評価しようとしているのか。一言で言えば、需要があるからである。核データ評価自身が需要に対する回答であって見れば、当然の答えであるけれども、もう少しスマートな理由が欲しいところである。核データは物理定数の一種であるから、JENDL-3が完成した時点で、物理定数に当然付随すべき誤差すなわち共分散を評価しファイル化するのが順当な計画である。並べた二つの理由は、別々の内容であるが、これが両立する状況にあれば、核データのように実用性を優先し且つ基礎的意味あいの強い領域では理想的である。従って、評価済み核データファイルには共分散ファイルを含めるべきであると言う主張は説得力がある。しかし、世界の評価済み核データファイルでこれを実現しているファイルはない。理由は簡単で、共分散評価には費やすべき労力が大きいからである。寧ろ、核データ評価に比較して、予想される労力は過大である。これらを考慮しても、共分散ファイルを作ろうとした動機あるいは推進力は、少しでも完成度の高い評価済み核データファイルとしてのJENDL-3.2を完成したい熱意と使命感である。しかし、それのみで作れる相手ではないことは分かり切ってるにも拘わらず、敢えて参加したメンバーを後ほど紹介する。同時に、共分散の使用者であるメンバーも直接このワーキンググループに参加して、積極的に意見を述べ、共分散評価法に強い関心を寄せていることは、評価者側の使命感と相まって、需要の高さの意志表示でもあり、内容を十分知って使おうと言う欲の現れで、高度の成果を期待させる。

本ワーキンググループへの参加呼びかけは平成5年3月末であり、参加メンバーがそろって発足したのが平成5年5月20日である。爾来今日までに6回の会合を開催した。この間「共分散専門家会議」(平成5年7月15、16日)を開催し、会議報告書⁽¹⁾も出した。この活動報告は、初会合で自らに課した第一期の活動期間2年間にどの程度の成果を出せるかを推し量る機会でもある。

2. 共分散をめぐる議論

冒頭にも触れた如く、共分散の概念が導入され、必要性が声高に叫ばれ続けて長い年月が過ぎた。この間、核データ分野で共分散については多くの議論がなされてきたし、共分散算出に関する多くの提案がなされ、具体的共分散の提示もなされてきた。それにも係わらず、このワーキンググループで改めて「共分散をめぐる議論」が何故に必要なのかは、上に書いたように、世界中何処でも共分散ファイルを完成していない事実が示している。評価値に対する共分散の意味が確立してない事にある。従って、本ワーキンググループも此処から始めなければならないのである。

共分散に関しては、D.L.Smith⁽²⁾の著書が出ているが、見て判るとおり、議論は共分散の数学的内容が中心で、核データの共分散自体になると羅列的になる。これは当然で、改めて繰り返すと、核データの共分散評価については未だ確立した方法がないのである。必然的に、本ワーキンググループの目的はその方法の確立ということになる。

以下に、共分散の理解に関する議論の内容を紹介する。

- 共分散は評価にともなって出るもので、評価値毎に違うのが当然である。
- 物理的意味が不明確で、現状では評価者によって相違がある。
- 共分散の結果の確認は、積分データと炉物理計算との比較で出来る。
- 実験データのみ情報からは共分散は出せない。
- 評価済み核データの不完全さの表現である。

内容は相互に矛盾したり重複したりしているけれども、おおかたの理解を代表していると思う。この議論を通してメンバーが共通に達した認識は、共分散は評価値それ自身の不確かさの表現であって評価法に依存すると言うところであろう。結局、今の時点は丁度 JENDL を作り始めた状況と極めて似ている。当時は「評価」とは何かを盛んに議論した結果、まず実際に始めようと言うことになって、動き出し実際に評価データを出してみると、「評価」とは何かの議論よりも、結果それ自身が問題の対象になった。今回も、動き出すことが先決である。

3. ワーキンググループの方針

第一期（2年間）のワーキンググループの活動方針を次のように決定した。

3.1 目的・目標

共分散評価の方法を確立する。その方法は、出来るだけ広く応用可能な汎用性のあるものであることを条件とする。また、シグマ委員会の状況を考慮すれば、共分散評価では省力化できることが望ましい。

この目的達成のためには、各人が共分散評価の経験を一度体験した上で、再度同じテーマで議論すれば、実りがあるとの判断から、先ず全員が各自特定の核種を担当することとし、今期はその核種の共分散を求め、問題点の整理をする目標を立てた。

求める共分散は、JENDL-3.2 に対するものであることも確認した。仮想的共分散ではないことの意味である。これをことさら強調したのは、上に述べた共分散に対する解釈に関係する。共分散は評価値と表裏一体であるから、具体的に JENDL-3.2 と評価済み核データファイルを想定しなければ意味がない。実用上も JENDL-3.2 とすべきである。しかし、一方でこの前提は厳しい条件でもある。厳密には、JENDL-3.2 の評価を辿らなければならない。今更、JENDL-3.2 に立ち戻るのは評価者としては煩わしい。大分以前のことはあるし、見返せば改訂したくもなる。しかし、JENDL-3.2 が暫くは改訂しない方針があることから、実用上この方針が現実的である。

3.2 核種の選択

メンバーが JENDL-3.2 で担当した核種を対象にする。選ばれた核種は、Li、C、O、Na、Ti、Fe、U-235、U-238、Pu-239、Pu-240、Pu-241 である。幸いに、重要な種は一応網羅されている。

なお、後日共分散評価を考慮すべき核種として、H、Be、N、Cr、Ni、Cu、Nb、Mo、FP、Dosimeter 用 61 核種があげられている。第一期ワーキンググループで確立した手法を適用する場合の対象になる事になる。

3.3 共分散算出の条件

今回の共分散算出に当たっては、次の条件を課することになった。

- 1) エネルギー間隔は各自きめる：例 25 群
- 2) エネルギー分布と角度分布は除外
- 3) 共鳴領域も群分割に相当して考慮
- 4) Fission spectra は保留
- 5) (n, n') の partial cross section は必要
- 6) 計算で出したものはパラメータの誤差から出す（パラメータは各自使用、後日調整）
- 7) JENDL-3/3.2 の評価値にたいする共分散である
- 8) 分散は point-wise に与える
- 9) ENDF-6 Format にする
- 10) 軽い核（Li, C, O, Na）は角度分布も含める
- 11) U-235 については遅発中性子も含める。

4. 共分散算出の議論と経過

4.1 エネルギー領域に関連する議論

共鳴領域、非分離領域、連続領域は評価法が違うので、分けて考える必要がある。共鳴領域は共鳴パラメータの共分散から算出は可能であるが、膨大な処理が必要になるし、実用上は大きな共鳴のみでよいので、それに対応した方法を採用する。

非分離領域に対する処理は結論を保留している。連続領域では種々の方法が採られているので、対応した議論がなされた。

実用上は、炉物理的計算の感度に依存するので、共分散を算出すべきを重点領域、および共分散利用への理解を深めている。

上記各領域に対応した共分散を収納する Format の調査、および、ENDF/B-VI に収納されている共分散の値を調査し、ワーキンググループ作業の推進に役立っている。

4.2 評価法に対応した共分散評価法

(1) 実験値のみで評価の場合

実験値の誤差とばらつきとから求める。特定のプログラムを使った場合に、今回求めた評価値は JENDL-3.2 と違うこともある。この場合誤差を大きくするかどうかは、評価者の裁量とする。

(2) 光学模型による計算の場合

光学模型パラメータの共分散から算出する。

(3) 核反応模型（光学模型以外）使用の場合

光学模型の場合と同様の方法を適用することを検討する。CASTHY については完成した。

(4) 上記(2)と(3)に関する基礎的手法は、既に九州大学で開発したものを使用する。

この手法を用いた ELIESE および CASTHY に関する計算プログラムは、既に九州大学から原研・核データセンターに移植済みである。

4.3 具体化の進行状況

(1) 各委員は担当の核種について、共分散を算出している。

(2) 計算パラメータからの共分散算出の方法は汎用性が高いので、九州大学の経験を例に、実用化の検討、問題点の抽出がなされた。

(3) 計算パラメータからの共分散算出の方法を、他の計算モデルに拡張することを検討中である。

5. むすび

JENDL-3.2は共分散ファイルまで出来て、初めて最終完成といえるのではないか。その意味で、本ワーキンググループの発足は遅きに失した感なきにしもあらずである。このことは、JENDL-3.2の評価者に共通する思いであったろうと思うが、言い出したときの過大な負担を考えれば、自ら言い出すのがはばかられたといえるかもしれない。従って、ワーキンググループ発足の提案に対し応えた評価者は、内心複雑な思いで総仕上げに参加したといえる。そのために、ワーキンググループは結果重視の雰囲気強い。一方、前述のごとく、共分散に関する話題は長時間の熟成期間があって、参加者の意識も理解も高い。両者相まって、抽象論よりは具体的議論になり能率が上がっている。従って、期間内の目標達成が期待できる。

ワーキンググループのメンバー

石川 眞（動燃）、小田野 直光（船研）、河野 俊彦（九大）、神田 幸則（九大）、菊池 康之（原研）、小林 棲平（京大）、柴田 恵一（原研）、杉本 昌義（原研）、千葉 敏（原研）、中島 豊（原研）、長谷川 明（原子力発電技術機構）、松延 廣幸（住友原子力）、村田 徹（日本核燃料開発）

References

- (1) Proc. of the Specialist' Meeting on Covariance Data, July 15-16, 1993, Tokai, Japan, JAERI-M 94-068 (1994)
- (2) D.L.Smith ; Probability, Statistics, and Data Uncertainties in Nuclear Science and Technology (American Nuclear Society, 1991)