

令和元年度 JENDL 委員会共分散データ活用促進 WG 第一回会合議事録（案）

文責 千葉 豪（北海道大学）

日時：令和元年 7 月 22 日（月）13:00-17:20

場所：原子力機構東京事務所第 1 会議室

出席者：池原正*、横山賢治、方野量太、国枝賢*、丸山修平、木村敦、岩本修、岩本信之（JAEA）、石川眞（元 JAEA）、遠藤知弘（名大）、渡嘉敷幹郎（NFI）、東條匡志（GNF-J）、名内泰志（電中研）、片渕竜也（東工大）、藤田達也（原子力規制庁、オブザーバ）、千葉豪（北大）

*一部参加

議事録

1. 状況の整理（北大・千葉委員、資料 COVP-3-1）

本 WG の活動の目的と現在までの進捗、今後の予定について整理と議論が行われた。WG 活動の最終年度（2020 年度）末に JAEA 公開報告書を作成することが再確認された。今後は、定量化されていない（できていない）不確かさ、定量化されていてもその根拠が希薄な不確かさを抽出する作業を、核データの測定・評価・応用の各々の分野で継続して行うとともに、そういった不確かさへの対応についても議論を開始することとした。また、共分散データの信頼性を担保する方法、JENDL における共分散データの位置付けがどうあるべきか、という点についても、WG の会合や ML での議論を通して検討を継続していくことを確認した。

質疑では、WPEC において核データ評価の基となる情報から核データが評価される過程を透明化するための方法論について議論する SG が立ちあげられるという情報の提供があった。そのような枠組みが出来れば、積分データの情報が反映されない「pure evaluation」に基づく核データファイルが作成されることになるため、長期的には積分データの考慮の有無で 2 種類の核データファイルが準備される可能性もあることが指摘された。また、微分データの測定値といえども、その値を導出する過程で評価済み核データの数値が利用されることがあり、評価済み核データの改訂によって測定値が変わる可能性があることが指摘された。そのような問題に対応するため、測定値の導出に関わる詳細な情報を残しておくことの重要性が指摘された。さらに、炉物理パラメータの測定データについてもそれと同様のことが言え、炉物理パラメータの測定データベースにおいても評価済み核データが更新されたときに測定値が受ける影響を適宜評価するような仕組みが必要であるとの指摘があった。

2. 不確かさの定量化と共分散データの評価

2.1. 測定分野における定量化できていない不確かさ、定量化されていても根拠が希薄な不確かさの整理（東工大・片渕委員、資料 COVP-3-2-1）

測定分野における不確かさ評価の問題点として、前回の会合での報告内容に加えて、測定試料における中性子束の自己遮蔽効果や多重散乱効果の補正に伴う不確かさ、検出閾エネルギー以下の事象に対する仮定に伴う不確かさが紹介された。これらは、定量的な根拠はないが、一般的に他の不確かさ要因と比べて影響が小さいことから保守的に（大きめに）評価されており、他の実験施設でも同様の扱いを行っているとのことであった。また、測定試料に由来する不確かさはミルシート等に情報が記載されていないものについては不明であり、対応が難しいということも紹介された。粉状のものを焼き固めたような試料における粒径の不確かさや、バックグラウンド成分の評価値における不確かさなども不確かさ要因として挙げられた。

2.2. 評価分野における定量化できていない不確かさ、定量化されていても根拠が希薄な不確かさの整理（JAEA・岩本信之委員、資料 COVP-3-2-2）

核データ評価における定量化できていない不確かさとして、モデル自体が持つ不確かさが挙げられ、その例としてガンマ線強度関数モデルや共鳴公式の違いが評価断面積に与える影響が示された。また測定データが存在する場合はそれを用いたモデルの「規格化」が行われるためモデル間のばらつきが小さくなることが示された。モデル自体が持つ不確かさを評価するため、異なる複数のモデルに基づく評価を行い、評価値のばらつきのようなものを観察することは、可能ではあるが労力を要するとのことであった。また、モデルパラメータに対して仮定する不確かさが不確かであること、さらに核データ評価に用いる測定データにおいて考慮されていない不確かさをどう扱うか、といった問題点が紹介された。後者については、古い測定データでは詳細な測定の不確かさ情報が与えられていない場合があり、同一測定者による複数の測定データを観察することで系統的な誤差を見積ることが重要であるとの指摘があった。また、モデル計算による評価に加えて、GMAなどの統計解析に基づく評価における不確かさについても整理する必要がある点が指摘された。

2.3. 炉物理パラメータの測定データにおける誤差評価の紹介（JAEA・横山委員、資料 COVP-3-2-3）

炉物理実験データベースにおける実験値の不確かさについて、IRPhEPやNEA/WPECで採用されている評価方法の紹介があった。実験値に対する共分散（相関）行列を作成する場合や、誤差評価値の再現可能性の観点から、実験の情報を可能な限り詳細に文書化することの重要性が指摘された。近年は、個々の不確かさ要因を詳細に分析して不確かさを定量化する努力がなされているが、最終的に不確かさの定量化が難しい要因が全体の不確かさにおいて支配的となる場合があることも紹介された（例えば反応度データ測定におけ

る遅発中性子データの不確かさ)。また、実験値の共分散（相関）行列の作成方法の具体的な例が紹介され、その内容について議論が行われた。加えて、解析モデルに起因する不確かさの定量化に関して、モデルの詳細化に対する感度に不確かさが比例するという考え方が紹介され、モンテカルロ法による計算値との比較により解析モデル全体としての不確かさの妥当性は議論できるが、個別要因ではそれが難しいことなどの議論が行われた。

2.4. 核データ共分散における誤差の定義（北大・千葉委員、資料 COVP-3-2-4）

前回の WG 会合にて東工大・千葉委員が提起した問題、「核データの分散は、母集団に対する分散か、（推定される）平均値に対する分散か」について議論を行った。複数のデータに基づいて核データの測定値もしくは評価値が得られたとき、その分散は標本平均に対する分散として定義されるべきと考えるのは自然であるが、ここで挙げた「複数のデータ」のそれぞれが全く異なる条件・過程で得られたものであった場合に、単なる標本平均に対する分散として定義してよいのか、という議論があった。また、「核データ評価とは複数のデータに基づく単純な平均化処理ではなく、測定データ、モデル計算結果、原子核理論などを用いて評価者の知見に基づいて行うものである」という先人の教えが紹介された。今回の議論では前記の問いに明確な回答を得ることは出来なかったが、重要な問いであるので、最終報告書には何らかの記述を行うことが合意された。

3. 共分散データの利用

3.1. 応用分野における問題点（北大・千葉委員、資料 COVP-3-3-1）

報告者の私見として、核データの共分散データを用いた不確かさ評価の方法論、ツールの開発はかなり進展しており、応用分野に目立った課題はないという認識が紹介された。今後、応用分野としてどのような問題点があるか集約する予定とのことであった。

3.2. 共分散データの信頼性の担保（JAEA・丸山委員、資料 COVP-3-3-2）

共分散データを用いた核設計精度の妥当性を検証する方法の一例として新たな方法が提案された。この方法は、未知のパラメータ（例えば、新型炉の炉物理パラメータ）の計算予測値に対して評価される核データに起因する不確かさについて、その妥当性を、計算予測値と実験値が明らかとなっているモックアップ実験のデータによって担保しようとするものである。未知のパラメータとモックアップ実験のデータの類似性を高めるために、拡張バイアス因子法の考え方が採り入れられている。提案する方法を用いた数値計算例が示された。モックアップ実験データの不確かさが大きい場合にこの方法による検証の有効性がどのようなになるか、等の質疑が行われた。

3.3. 共分散データの信頼性向上に資するデータ集の整備（NFI・渡嘉敷委員、資料 COVP-3-3-3）

渡嘉敷委員、池原委員らが中心となって作成している共分散データの信頼性向上に資するデータ集の整備状況が報告された。このデータ集は、リアクタ積分 WG で整備されたベンチマーク問題の MVP コード入力データに対応する MCNP 入力や感度係数データ、共分散データで構成されており、これらのデータベースに基づいて代表性因子や拡張バイアス因子といった積分データに関するパラメータを評価することが可能である。これまでに、複数のエネルギー群構造での感度係数評価用 MCNP 入力の整備、共分散データ処理ツールの整備が完了したとのことであった。本報告では、C/E 値が特異なデータを四分位範囲に基づく手法により除外する計算や、拡張バイアス因子法に基づいてデータベース内での交代検証を行った計算の例が示された。実際の積分データを活用して共分散データの検証を行えるツールとして非常に有用性が高く、ツールの開発、データの拡充を継続して実施して欲しい旨のコメントがあった。

4. 評価済み核データファイルにおける共分散データの位置付け

4.1. 汎用ライブラリとアプリケーションライブラリ (JAEA・横山委員)

前回の会合において、これまでのものより性能が劣る核データライブラリを新たに開発することはあり得ないため、核データ評価への積分データ情報の反映による性能の向上は今後も行われるべきであることが確認された。従って、そのような前提で、いかに合理的な（積分データの情報も反映した）共分散データを作成・準備するかが重要となる。

前回の会合において、石川委員、横山委員から、核データのユーザー側で、核データの評価に用いられた積分データの情報を反映した応用ライブラリの共分散データを準備すること、そのために通常の炉定数調整式を用いることが提案され、それは「不偏推定の原則」が成り立つ限り妥当であるとの説明があった。前回の会合では、この点について WG メンバーの理解が追いつかなかったことから、今回の会合で補足説明が行われた。

「不偏推定の原則」という用語は混乱を生じさせる可能性があることから、「共分散データの作成に用いる積分データについて、核データファイルがどの程度の精度でその測定値を予測することが出来たら、応用ライブラリの共分散の作成において、上記の炉定数調整式の適用が許容されるか」という問題に置き換えて考えるという提案がされた。積分データを考慮した共分散データは、核データの開発側が責任を持ってユーザーに提供すべきものなのか、ユーザーが自身でその作業を行うべきものなのか、という質問があり、後者であるとの回答に対して、核データ開発側が上記のような条件を設定する必要があるのか、というコメントがあった。

現在、WPEC/SG-46（「Efficient and effective use of integral experiments for nuclear data validation」）において同様の議論が行われており、横山委員がその WG において日本のコミュニティの立場を説明する予定となっているとのことであり、上で述べたアプローチを採ることに WG として合意する旨が確認された。

以上