

核データ部会・「シグマ」特別専門委員会合同企画セッション 「核データ評価における品質保証と JENDL の利用状況」

(3) JENDL の品質保証のあり方 (シグマ委員会品質保証検討グループからの提言)

東京工業大学 大学院理工学研究科
山野 直樹
yamano@nr.titech.ac.jp

1. はじめに

社会に対する原子力技術の信頼性向上は、その安全を担保する設計の信頼性に強く依存しており、その基礎基盤となる評価済核データも信頼性向上の観点より説明責任を果たすことが重要である。また、次世代の研究者に核データ評価の知識継承を確実に行うためには、評価プロセスとその技術的内容を記録してアーカイブしておくことも重要である。

日本原子力研究開発機構 (JAEA) シグマ委員会品質保証検討グループ¹では、上記の観点より JENDL (Japanese Evaluated Nuclear Data Library) の信頼性向上に向けた品質保証のあり方についての検討を平成 18 年度から着手し、約 3 年間の議論を経て「JENDL の品質保証のあり方」として纏め、平成 21 年 3 月 16 日付で JAEA 核データ評価研究グループに対して提言を行った。

この提言は、今後の JENDL の品質保証システム全般に関するものであり、現在開発中の JENDL-4 を直接的な目標としたものではない。提言に含まれる品質保証システムの内部監査や継続的改善などの組織体制等の充実については、本提言を受けて今後 JAEA 内部で検討に着手し、可能なものから順次実現を希望するものである。JENDL-4 ではできるところから着手することを要望するが、現状で難しいところは、次の中期計画で考慮することを視野に入れた検討を期待するものである。本稿は日本原子力学会 2009 年秋の大会、核データ部会・「シグマ」特別専門委員会合同企画セッションの「核データ評価における品質保証と JENDL の利用状況」における発表²をもとに概要を纏めたものである。

¹ シグマ委員会品質保証検討グループ：山野直樹，吉田正，中島健，上松幹夫，田原義壽，須山賢也，奥村啓介，石川眞，柴田恵一，岩本修（以上 10 名で構成）

² 山野直樹，核データ評価における品質保証と JENDL の利用状況，核データ部会・「シグマ」特別専門委員会合同企画セッション，2009 年 9 月 17 日，日本原子力学会 2009 年秋の大会

2. JENDL の品質保証のあり方

本提言は5つの項目より構成されており、それぞれ、「目標」、「対象となる組織」、「適用範囲」、「品質保証案」、「品質マニュアル」についての提言が纏められている。目標としては、表1に示すように「評価済み核データライブラリ JENDL の評価手法及び評価プロセスを明確に規定し文書化するとともに、評価データライブラリの精度を検証し、その品質を保証する」こととした。品質マネジメントシステム国際規格 ISO9001:2008 に準拠して、JENDL の品質保証に関わるマネジメントシステムを構築することが提言されている。

表1 「目標」、「対象となる組織」及び「適用範囲」

- **目標**
評価済み核データライブラリ JENDL の評価手法及び評価プロセスを明確に規定し文書化するとともに、評価データライブラリの精度を検証し、その品質を保証する。
- **対象となる組織**
日本原子力研究開発機構・JENDL 評価グループ及び連携協力組織であるシグマ委員会における JENDL 評価・編集・検証に携わる組織及び組織構成員。
- **適用範囲**
ISO9001:2008 に準拠する要求事項のうち、ソフトウェア製品としての JENDL に対する評価・編集・検証に関わる範囲とする。ISO9001:2008 における 5. 経営者の責任、7.4 購買及び 8. 測定のうち JENDL の品質に関わらない範囲は適用除外とする。

品質を保証するための方法については、下記に示す品質保証案を提示した。

表2 「品質保証案」

- JENDL の品質保証に関わるマネジメントシステムを構築する。
- 品質マネジメントシステムに必要なプロセス及びプロセス・プロセス間の相互関係を明確にするとともにそれらの組織への適用を明確にする。
- これらのプロセスの運用及び管理のいずれもが効果的であることを確実にするために必要な判断基準及び方法を明確にする。
- これらのプロセスの運用及び監視の支援をするために必要な資源及び情報を利用できることを確実にする。
- これらのプロセスについて、計画どおりの結果が得られるように、かつ、継続的改善を達成するために必要な措置をとる。内部監査の方法、不適合対応及び継続的改善についての規定を明確にする。
- JENDL 評価グループは上記の品質マネジメントシステムを規定する下記の文書を作成し運用する。

- ・ 文書化した品質方針及び品質目標の表明
- ・ 品質マニュアル
- ・ 文書化された手順
- ・ 組織内のプロセスの効果的な計画、運用及び管理を確実に実施するための文書
- ・ 記録及び記録管理
- ・ 内部監査の方法、不適合対応及び継続的改善についての措置についてはシグマ委員会に定期的に報告し監査を受けるものとする。なお、内部監査については、研究のパフォーマンスが低下しないよう効率的かつ確実な監査方法を考慮する。

品質マニュアルには、品質マネジメントシステム構築に必要な下記の規定文書を含むものとする。

表3 「品質マニュアル」

- ・ 品質マニュアルには、品質方針、品質目標ならびに適用範囲を記載し、品質マネジメントシステムに必要なプロセス及びプロセス・プロセス間の相互関係を明確にした手順ならびに組織内のプロセスの効果的な計画、運用及び管理を確実に実施するための実施体制を記載する。
- ・ これらのプロセスについて、計画どおりの結果を得るために必要な判断基準及び評価方法を明確にする。さらに、継続的改善を行うための実施体制について明記する。内部監査の方法、不適合対応及び継続的改善についての規定を明確にする。
- ・ 上記の記載に加えて、記録及び記録管理の手順及び記録内容、保管方法について記載する。
 - (1) **品質方針**：評価済み核データライブラリ JENDL の品質を保証するため、品質保証マネジメントシステムを構築・実施することにより、透明性及びトレーサビリティを確保し、説明責任を果たすことにより、JENDL の評価及び評価プロセスに対する信頼性を保証する。
 - (2) **品質目標**：評価済み核データライブラリ JENDL の評価手法及び評価プロセスを明確に規定し文書化するとともに、評価データライブラリの精度を検証し、その品質を保証する。
 - (3) **適用範囲**：ISO9001:2008 に準拠する要求事項のうち、ソフトウェア製品としての JENDL に対する評価・編集・検証に関わる範囲とする。
 - (4) **プロセス及びプロセス間の相互関係**
 - (5) **記録及び記録管理の手順**
 - (6) **記録内容**

品質マネジメントシステムの構築には、プロセス及びプロセス・プロセス間の相互関

係を明確にする「プロセスアプローチ」が重要であり、各プロセスの運用及び管理のいずれもが効果的であることを確実にするために適確な判断基準及び方法を明確にすることが求められる。

そのため、図 1 に示すように製品としての評価済核データファイルに至るまでの一連の核データ評価プロセスとプロセス・プロセス間の相互関係を分析し、各プロセスにおける品質保証のための記録及び記録管理の要件を検討した。

表 3 の(5)記録及び記録管理の手順としては、下記に示す文書作成方法、文書管理及びシステムが考えられる。

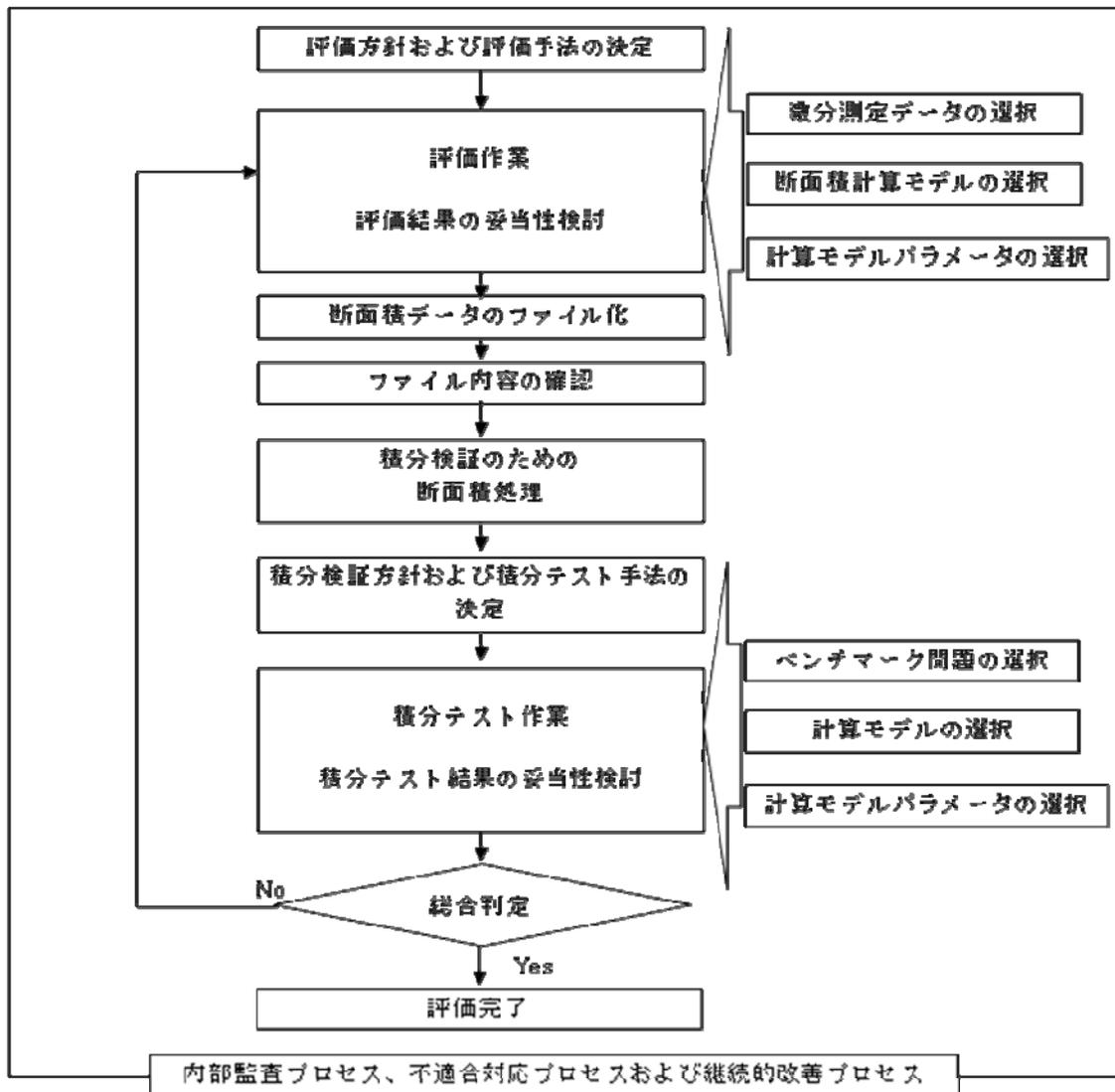


図 1 核データ評価プロセスおよびプロセス間の相互関係

● 文書作成方法

- 同位体毎、作業それぞれに文書管理責任者を決める。必ずしも評価やベンチマークテストの責任者である必要はない。例えば、一人が全核種、全ベンチマーク計算の文書管理責任者となるのが可能であればそれでも良い。
- 評価に関わる技術情報（評価結果、計算結果など）は、必ず文書管理責任者に提出することとする。
- 文書管理責任者は文書番号を発行して、文書作成者に受理通知を行う。
- 文書管理責任者は受け取った文書のヘッダーに文書番号を入れ、さらに、文書管理リストに追加する。MS-Wordで作成されている文書であればプロパティにあたる部分に、日付、文書作成者、タイトル、管理者、コメント、キーワードを記入してMS-Word形式で保存するとともに、PDFフォーマットでも保存する。文書のヘッダーのフォーマットは別途決める。
- 文書管理責任者は保存したMS-Wordファイル及びPDFファイルをその文書管理リストとともに決められた場所に保存し、文書作成者を含む関係者に連絡する。

● 文書管理番号

文書番号でレポートの内容を示すなら、以下のような方法が考えられる。長くなるが、ファイル名を見ただけで内容が判別出来る利点がある。文書管理システムでレポートの内容を表示したり、また管理可能であるなら、単に [プロジェクト略称-通し番号-R改訂番号] だけで良い。

(a) 評価の場合

基本的にはMF1に記述する情報とする。MF1に収納しきれない情報は下記記録を作成する。

略称_EV_通し番号_R 改訂番号_ZA 番号_MF[番号 1:番号 2:...]_MT[番号 1:番号 2:...]

複数のMF、MTに関わる場合には、MF[4;5]やMT[18;102]のように示す。通し番号は、ライブラリ名-ZA番号が同じファイルに対して同一年であるなら続き番号を与えることとする。

例 1 JENDL-4 用 ^{235}U 評価に関するレポート（核分裂及び中性子捕獲断面積に関する）初版

J4_EV_1_R0_922350_MF[3]_MT[18;102]

例 2 JENDL-4 用 ^{235}U 評価に関するレポート（共鳴パラメータ）。改訂 1

J4_EV_2_R1_922350_MF[2]_MT[151]

特定のZA, MF, MTに関係しない場合は、それらのZA, MF[]とMT[]は取る。

例 3 JENDL-4 用 ^{239}Pu 評価一般に関するレポート（まとめ等にあたり、MF=1

の詳細版と考えても良い) の改訂 2

J4_EV_10_R2_942390

例 4 JENDL-4 評価一般に関するレポート。改訂 1

J4_EV_20_R1

(b) 積分検証の場合

略称_IT_通し番号_R 改訂番号_CP[コード名]_BN[ベンチマーク問題を示す情報]
複数のコードが使用されている場合は、コード名を列挙する。

例 1 ICSBEP で評価された問題を使用して MVP で解析した例。改訂 2。

J4_IT_1_R2_CP[MVP]_BN[ICSBEP-LEU-SOL-THERM-004-001]

例 2 ICSBEP で評価された問題を使用して SRAC95 と MVP で解析した例。初版。

J4_IT_5_R0_CP[SRAC95;MVP]_BN[ICSBEP-LEU-SOL-THERM-004-001]

特定の問題だけを扱っていない場合には、そのタグは取る。

例 3 SRAC95 と MVP による解析結果のまとめ。改訂 5

J4_IT_10_R5_CP[SRAC95;MVP]

(c) ライブラリ処理

ライブラリを処理してポイントワイズまたは群定数の断面積を作成した場合に使用する。

ライブラリ名_LP_ZA[番号1;番号2;...]_通し番号_R 改訂番号

例 1 ²³⁵U を処理した場合

J4_LP_ZA[922350]_1_R1

(d) 検討会合の議事録資料など

シグマ委員会会合の議事録や配付資料を保存する場合に使用する。

JNDC_MM_グループ略称_開催年月日_通し番号

例 1 品質保証 WG 2006 年会議議事録その 1

JNDC_MM_QAWG_20060401_1

● **文書管理システム**

文書登録システムを何らかの方法で実現する必要がある。文書管理責任者が他組織にまたがるのであれば、ネットワーク対応のシステムとする必要がある。文書管理責任者が単一組織に属しているなら、ファイルをメールでやりとりして対処する方法もある。汎用で一般的に普及しているデータベースソフト (Microsoft ACCESS 等)

で構築することが望ましいがこの限りではない。

最後に、表3の(6) 記録内容として完備すべきものは下記の通りである。

(a) 評価

微分データ評価における品質保証の観点から、核データの評価作業において記録・保存すべき情報は下記のものとする。

- 評価方針及び採用した手法
評価における留意点、採用した手法の説明（エネルギー範囲、角度範囲、反応等で異なればその範囲の決定理由及び手法を変更した理由）
- 採用した測定データ（反応別、エネルギー範囲、角度範囲等）
- 採用した断面積計算コード（バージョン、変更点を含む）及びモデルパラメータ
- 結果を補正または再調整した場合は、その調整理由

(1) 経緯

MF1 に記載されるコメントファイルの内容。データの更新がなされた場合の理由。評価の際の処理流れ（手順）。過去の評価履歴がわかる参考文献やデータ集のリスト。

(2) MF=1

採用した実験値、範囲（エネルギー等）、採用理由、処理方法、処理手順、処理方法の設定、参考文献、特に考慮した項目に対するコメント。

(3) MF=2

上記(2)に加え、分離・非分離共鳴領域の設定理由、計算コード、計算パラメータ設定理由。

(4) MF=3

上記(2)に加え、モデル選定理由、OMP 選定理由、計算パラメータ設定理由。ランプ化した場合はその設定理由。

(5) MF=4

上記(2)に加え、モデル選定理由、計算パラメータ設定理由。DDX または Legendre 関数展開（次数）を選んだ理由。

(6) MF=5

上記(2)に加え、モデル選定理由、計算パラメータ設定理由。

(7) MF=12, 13, 14, 15

上記(2)に加え、モデル選定理由、計算パラメータ設定理由。エネルギー範囲の設定理由。

(8) MF=31, 32, 33, 34, 35

上記(2)に加え、モデル選定理由、計算パラメータ設定理由、推定理由。

(b) 積分検証

積分検証における品質保証の観点から、核データの検証計算において記録・保存すべき情報は下記のものとする。

- 積分検証の目的と範囲
ベンチマークを行った目的を明確に記載する（例 1 JENDL-4 の ^{235}U 評価結果の影響を調べるため...等）
- 検証対象のライブラリについての記載
 1. 対象となる同位体(特定の同位体のライブラリがアップデートされた場合)
 2. ライブラリのバージョン番号
 3. ライブラリ作成者
 4. ライブラリ送付者・受信者
 5. 受け取り年月日
 6. ライブラリの入手手段などの補助情報（web , CD, DVD）
- ライブラリ処理コードについて
 1. 処理コード名
 2. バージョン
 3. ライブラリ処理者
 4. ライブラリ処理年月日
 5. 処理系（OS、コンパイラ）
 6. 処理手順
 7. 入力パラメータ（入力データ）ライブラリ処理をベンチマーク計算者が行うのであれば、その情報も詳細に記載すべきである。
- 検証用コードについて
 1. コード名
 2. バージョン
 3. 処理系（OS、コンパイラ）
 4. 検証計算実行日時
 5. 検証者
 6. 処理手順
 7. 入力パラメータ（入力データ）
 8. 使用ライブラリの情報（ライブラリの出所等、「検証に使用したライブ

ラリについて」において記録したデータと結びつける)

- 使用するベンチマークデータについて
現状では、ICSBEP や IRPhEP のような公開されたベンチマーク問題とするのが妥当である。原子個数密度やモデル化に関する事項が明確となっている必要がある。
- 検証コードの計算結果評価
 1. 計算結果
 2. 得られた計算結果に対する検討、評価、議論、結論
 3. 結果の検討会合時の資料、議事録
 4. 検証結果の確認 (レビューレポート)

全体的な留意点

- ライブラリ処理及び検証用のコードは、公開された標準的なコードとする。SRAC、MVP、MCNP、ANISN、DORT、TORT 等が対象となるが、検証作業期間においてバージョンを固定すべきである。例えば、MVP は多くの revision がリリースされるが、版が異なると計算結果間の差の評価が困難になる。
- 検証用ベンチマークデータと検証すべきデータは予め選定しておく。「JENDL 標準ベンチマークデータセット」として用意しておく。例えば、従来 JENDL のベンチマークとして行っていた問題は全て含んだ上で、ICSBEP や IRPhEP で評価されたデータを使用して決めておく。例えば、KENO のサンプル問題 25 題などが他の例である。
- 検証計算用で使用する計算機 (CPU、OS、コンパイラ) 等についても、バージョン間の差が問題となるのを避けるために、作業期間全体で固定する。
- コードへの入力データだけでなく、ソースプログラム、実行スクリプトなども一式保存すること。特にライブラリ処理から一貫して計算が出来るシステムを用意しておくことは、手順の標準化の点からも必要と思われる。保存場所とその管理システムを用意する。
- 会合時の資料などのスキャンとデータベースがあれば、こういった経緯でライブラリが採用されたかの議論のトレースを行うことが可能となる。よって、それらの情報も文書管理システムにおいて保存する。
- IRPhEP や ICSBEP のデータを使って品質保証をすると考えるとき、それらに入っていない実験データの評価はどのようにするのかについては議論がある。「ICSBEP や IRPhEP で評価されているデータだけでは、評価項目が十分ではない」可能性は十分にある。また、主要核種以外の同位体のベンチマークに使えるとか、あるいは臨界性の評価以外に利用できる、といった

ベンチマークデータは数少ない。しかし、積分実験データを ICSBEP のようにベンチマーク問題化するのはかなりの労力が必要である。従って、そのようなベンチマーク問題を採用する場合には、ICSBEP や IRPhEP のような代表的かつ評価済みベンチマーク問題で積分検証に係る予測精度を予め確認したうえで、そのトレーサビリティを確保することが重要である。

3. おわりに

本提言は、世界 3 大評価済み核データライブラリの一つである JENDL の品質保証のあり方に関して、その開発主体である日本原子力研究開発機構（JAEA）核データ評価研究グループに対して行ったものである。この提言は、今後の JENDL の品質保証システム全般に関するものであり、現在開発中の JENDL-4 を直接的な目標としたものではない。

この提言には品質マニュアルや記録として完備すべき内容についての提言も纏められている。しかしながら、本提言の目的は「管理のための管理」ではなく、信頼性向上のための説明責任を果たし、核データ評価の知識継承を確実に行うことにある。従って ISO9001:2008 の要求事項である、記録、記録管理・内部監査の方法、不適合対応及び継続的改善についての措置については、あくまで研究のパフォーマンスが低下しないよう効率的かつ確実な方法を採用することが望ましい。

ここで述べられている品質保証システムの内部監査や継続的改善などの組織体制等の充実については、本提言を受けて JAEA 内部で検討に着手し、可能なものから順次実現していただきたい。JENDL-4 ではできるところから着手することを要望するが、現状で難しいところは、次の中期計画で考慮することを視野に入れた検討を希望する。