

5 4 核定数ライブラリ作成とネットを用いたライブラリ管理

環境・エネルギー領域 東海原子力研究グループ ＊平尾好弘

1. はじめに

東海原子力研究グループにおいては、核燃料施設および放射性物質の輸送船、輸送物等原子力関連施設の放射線遮蔽性能を調査し、その安全性、信頼性の向上をはかるための解析技術、標準データ等の確立に寄与しており、またソフトウェア開発、ベンチマーク実験等を通じて内外を問わず、産官学全体へ多大な貢献の実績を有している。平成13年度から、原子力安全委員会原子力施設等安全研究専門部会核燃料施設検討会からの要請をもとに、原子力試験研究費による特定研究「遮蔽計算コードシステムの高度化に関する研究」を実施し、放射線遮蔽計算、特に S_N 計算（決定論的解析手法）コードのシステム化、高度化を目的とした受託研究を遂行している。

本特定研究のニーズと目的であるが、原子力関連施設の設置の際、放射線遮蔽性能を調べるため必ず遮蔽解析が実施され、その結果は国の安全審査における重要な審査項目となっている。この遮蔽解析計算は通常、解析対象の複雑さに応じて次元から三次元までの幾何モデル（体系）を作成し、それぞれに対して一連の S_N 計算コード群を適用することで実施される。ただし、 S_N 計算の入力データには解析対象に応じて体系だけでなく各種計算パラメータ、線源情報、核定数ライブラリの作成と参照等も含まれるため、データ量が膨大になり扱いが容易でなく、各データの作成も非常な労力と時間を要することが問題点として指摘されている。この状況を改善するために、入力データの管理、各データの作成および入力作業を簡便に行えるような S_N 計算コードを中心とする計算環境全体の整備を行い、統合的な遮蔽計算コードシステムの構築を最終的な目的とした。昨今の計算機能力の向上ならびにインターネットの普及に伴い、手許で解析作業が可能な入力から出力まで一貫したエンドユーザ支援、放射線遮蔽の専門知識を補うガイド機能、データ共有による共同作

業支援なども視野に入っている。順次、当システムの要素となる周辺システムの開発と公開を通じて、それらが正しく機能し、諸々の解析対象に対して信頼性ある結果が得られることを実際の解析現場や審査事例を通じて評価を行う。結果的に遮蔽計算のトータルなコスト低減、遮蔽計算手続きの標準化そして安全審査の信頼性向上などに資するものと考えられる。本特定研究の小テーマとしては、4つの周辺要素システムの開発と評価、そしてそれらを統合したシステムの構築等があげられる。本報告では、前年度より実施されている、要素システムの一つである「核定数ライブラリ作成用プログラム」の開発と評価を目的とした研究について発表する⁽¹⁾⁽²⁾。

2. 核定数ライブラリ作成用プログラムのニーズと目的

S_N 計算コードは、ソルバこそ完成しているもののそれを支える周辺ツールの整備は遅れている。そのなかに中性子、 γ 線と核種との反応確率およびエネルギー推移を記した核定数（群定数）ライブラリ作成がある。既存ライブラリは元データの古さ、群数、オーダーの少なさ、必要核種の欠如など度々その不備が指摘されているにもかかわらず、未だに利用されつづけており、またエンドユーザがそれらを対象に応じて任意に調整するためのツールも存在するが広範に普及しているとは言いがたい。これはツールの使い勝手や計算機の制限などから新しくライブラリを作成するためのコストが多大であることと、既存ライブラリであっても精確度は劣るものの合理的な範囲で許容できると考えられたからである。ただし、次第に洗練され情報量が増える核データに対して、最新の S_N コード用ライブラリを自ら作成して研究または解析現場で利用したいとの要望は常にある。そこで我々は最新の計算機プラットフォーム上で、すばやく手許でユーザ指定のオブ

ションで必要な材料に対して処理を行うことが十分に可能であるとの認識に基づき、PCの特性をいかした簡便な処理システムの開発と評価を試みることにした。システム設計において、既存の処理コードから一定の評価を得て使用に耐えうるモジュールを抽出し、不要と思われるオプションを削ったS_Nコード専用のワンスルー処理に特化し、さらにデータ処理以外の情報の管理、すなわちライブラリ作成におけるユーザの個別知識や手順、ライブラリ管理等を含む非数値情報に対するユーザ支援をも視野にいった。

3. 核定数ライブラリ処理システムの全体像

処理システムはパッケージ化されており、独立した三つの要素システム群から構成される。

- (a) PCクライアント上の核データ処理システム
- (b) 同じくPC上のプロジェクト管理システム
- (c) サーバ上のケース登録システム

図1に要素システムの配置と機能相互連関を示し、各システムの役割をネット上での処理の流れに沿って説明する。ここで二つの用語について定義する。一つはケースで、ユーザが核定数ライブラリを作成してS_N計算を適用するためのある解析対象全体を指す。具体的には特定のベンチマーク実験あるいは設計対象物であろう。もう一つはプロジェクトで、特定の核定数ライブラリの作成に関する数値および非数値情報を含む全情報を指す。一般に、一つのケースには複数のプロジェクトが存在する。たとえばある解析ケースにおいて、体系は同じでも材料を変更しながら好適な遮蔽性能を探る過程では、核種構成や密度などを変化させながら核定数ライブラリを複数作成することになるだろう。ケースはプロジェクトの集合と考えられる。また、一つのプロジェクトには一つのライブラリを作成する全情報が含まれる。すなわち、核データ処理システムにおいて作成されたファイル群、入力情報、作成手順情報等の集合と考えられる。このような階層構造において情報および作業の流れを捉えることで要素システムを配置する。ボトムアップで説明すると、核データ処理システムで作成された情報群を、プロジェクトとしてまとめて管理するのがプロジェクト管理システムであり、あるケースに対して作成された

プロジェクト群をまとめて登録するのがケース登録システムである。ケース登録システムはWEBサーバ上において各クライアントからケース情報やプロジェクト群を授受するためのデータベースとしてトランザクション機構をもっており、当サーバはケースの公開や配布のための拠点として機能する。これによって広くケースを閲覧、精査することが可能となり、複数の共同作業による共同解析や安全審査における情報交換において利便性が発揮される。

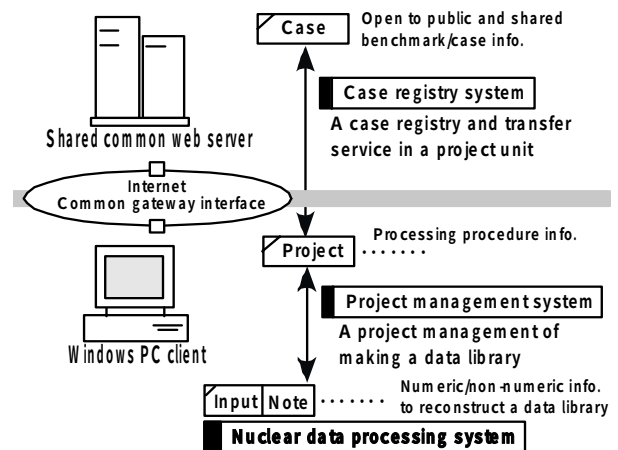


図1 核定数ライブラリ処理システムの構成と情報流れ

4. 要素システムの概要

4-1. 核データ処理システム

図2に核データ処理システムの処理の全体像と情報の流れを示す。処理モジュールはMKLIBを除き、すべて既存のNJOY⁽³⁾及びTRANSX⁽⁴⁾コードのそれをPC用書き換えて利用した。オリジナルの核データからある核種について中性子と光子(γ線)情報の処理コースを分け、其々を群定数にまで処理してカップリングを行い、MATXS形式で蓄える。必要な核種についてすべて同形式にした後、TRANSXによって材料ごとのマクロ断面積を作成する。これを列記したものがS_Nコード(ANISN形式)用の核定数ライブラリである。MKLIBはライブラリ中の材料の順番を変更、あるいは別ライブラリと合併再編するためのモジュールである。各モジュールは収束パラメータやオプションなどの数値情報を含む入力情報をもとに入力核データを加工処理して出力核データを得る。なお、入力情報には数値情報と非数値情報があり、後者は数値情報またはオプションの決定意図や、修

正を繰り返す解析サイクルでの変更履歴などをユーザ自身がテキストで残した一種のメモである。非数値情報を管理することによって、共同作業や安全審査の場における情報伝達あるいは過去の解析ケースの将来における再利用を容易にする。

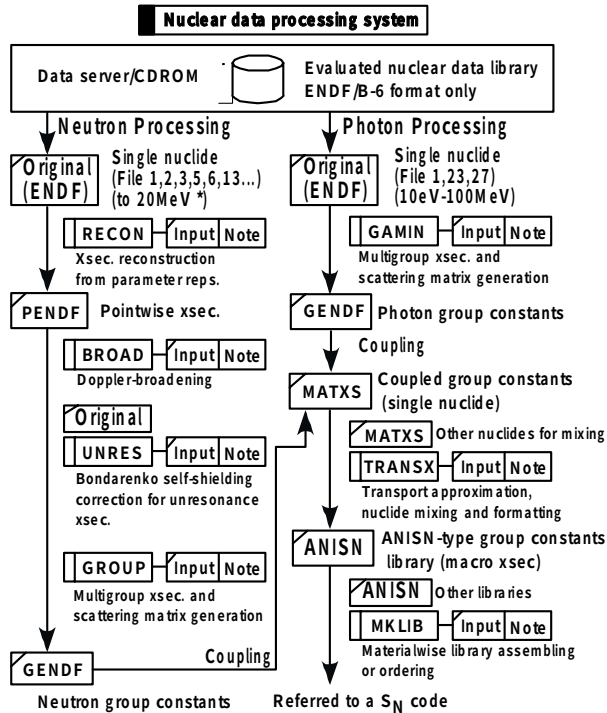


図2 核データ処理システムの構成と情報流れ

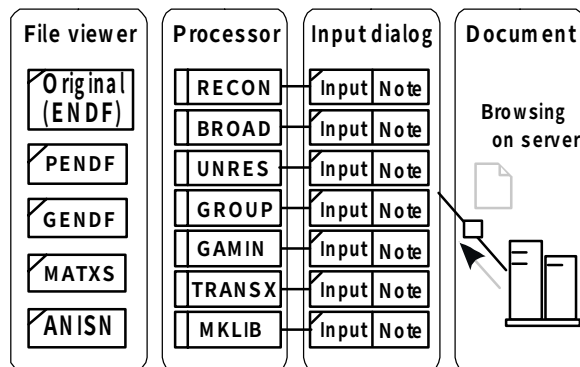


図3 核データ処理システムの機能と特徴

図3に当システムの大まかな機能構成を示す。中核の機能モジュールとして、処理において現れる核データの各ファイル形式に対応するファイルビューアがある。データファイルをフォーマット解析することによって詳細にデータを構造化して視覚的に示すことができ、その形式に対応する処理モジュールに入力核データを供給し、また出力核データを

確認する役割を担う。スプレッドシート形式を採用しているため、情報の抽出や他アプリケーションへのエクスポートも容易である。次に処理モジュールと、それぞれへの入力情報を作成するための入力ダイアログが備わる。ダイアログでは数値情報に対して入力エラーを回避するための様々な仕組みと整合性を調べるためのインスペクション機能がある。入力情報はファイルとして保存される。処理中は処理ログが表示される。最後に使い方や各機能に対する説明ドキュメント群が、サーバからネットを通じて適宜、参照可能である。

4-2. プロジェクト管理システム

核定数ライブラリを作成するための作成手順情報を中心にして、プロジェクト概要、履歴など関連情報を登録、管理するシステムである。作成手順情報とは処理に使われたモジュールを処理順に並べ、各モジュールに対する入力核データ、入力情報、出力ファイルを記述したものである。処理概要等のコメントをつけることができ、全体が一つのプロジェクトとしてファイルに保存される。

一旦プロジェクトを作成してしまえば、その手順どおりに核データ処理システムの処理モジュールを実行できる自動実行機能が備わる。したがって、サイズの大きいオリジナル核データや中間ファイル自体を逐次保存、登録する必要はなく、最小限のプロジェクト情報は作成手順情報と入力情報ファイルだけで構成可能である。

4-3. ケース登録システム

サーバ上にWEBアプリケーションとして設置され、各クライアントからブラウザを通じてアクセスできる。ケース登録情報はケース概要、登録者及び登録日時、ケースに属するプロジェクトファイル群そして各プロジェクトの概要等から構成され、内容の更新情報についても履歴を残せるようにした。アクセス制限、トランスファー制限も登録者の任意に指定できる。各ユーザは自らのPCクライアントに指定のプロジェクトをトランスファーして手許で再計算や調査をすることが可能である。

5. 既存システムとの比較評価

既存処理コードとの比較評価を、次の二つの計画に沿ってすすめた。一つは既存核データ処理システ

ムとの計算速度と結果の比較であり、もう一つはユーザがある特定の核定数ライブラリを作成する際の労力、使い勝手の主観的評価である。

5-1. 既存核データ処理システムとの計算速度と結果の比較

各処理モジュールごとに典型的な核種である²³⁵Uを対象にしてデータ処理を行い、計算速度の比較を行った。図4に結果を示す。ただし、計算機の種類が異なる点に注意を要する。TRANSXは²³⁵Uのみで処理した。

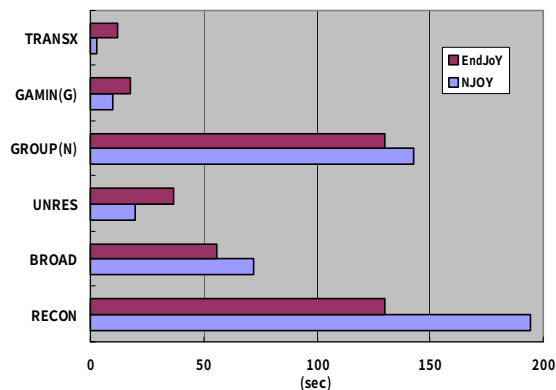


図4 モジュールごとの処理時間の比較 (²³⁵U)
(中性子38群、 γ 線12群、オーダー4、NJOY:SUN UltraSparc30(256M)、当システム (ENDJOY):Pentium3 700M(192M))

次に、代表的モジュールとしてRECONを取りあげ、結果の比較を行った。表1に処理の段階ごとのエネルギー点数を示す。理論的には同一になるはずだが、浮動小数点を用いたライブラリ付属の関数計算で微妙なズレがあって差異があらわれる。ただし、断面積スペクトルに有意な差は現れない。

表1 RECONによる²³⁵Uの処理結果比較

Points	err=0.5%		Err=0.1%	
	NJOY	ENDJOY	NJOY	ENDJOY
initial unionized grid+ addedby linearization	3122	3122	3364	3364
added by resonance reconstruction	28262	28183	62666	62823
affectedby resonance integral check	1310	1304	6186	6166
affected by significant figure reduction	33	33	3009	3016
Removed by back thinning	564	532	661	469
final number of resonance points	30975	31013	65453	65676

5-2. ライブラリ作成に要する労力の主観評価
ライブラリ作成時の労力の大半は、入力情報の作成時のそれに相当する。実際にユーザに利用してもらって調査を行った結果、入力ガイドがダイアログに付属していることや、整合性のチェックが処理前に行われるため、誤りを検出訂正しやすいことが効果的との指摘があった。また作業中に扱う大量のファイル群の管理機構が好評であり、作業全体を手順に沿って管理することによる省力化と情報の透明性の向上が挙げられた。サーバを用いたケース単位での共同作業や再利用性などの評価は現在遂行中である。

6. おわりに

核定数ライブラリ作成プログラムのニーズと目的を明確にして、それに沿ったシステムパッケージの開発を行った。システム全体の利用形態と作業流れを示し、各要素システムについて概要と特徴を説明した。最後に開発システムと既存システムとを比較評価した結果を示した。計算能力において匹敵するかまたはそれ以上であること、そして実際のユーザを対象としてライブラリ作成を試みた結果、過程全体に対してかかる作業量および使い勝手について主観的にみて優れていることが証明された。今後は、共同研究による解析現場を交えたシステム評価と解析事例ごとの適用性評価を行い、機能のブラッシュアップと処理モジュールの追加を検討し公開に向けた作業を続ける予定である。

参考文献

- (1) 平尾、ANISN 群定数ライブラリ用核データ処理システムの開発 (I)、日本原子力学会 2001 年春の大会要旨集, (2001)
- (2) 平尾、ANISN 群定数ライブラリ用核データ処理システムの開発 (II)、日本原子力学会 2001 年秋の大会要旨集, (2001)
- (3) R.E.MacFarlane et al, The NJOY Nuclear Data Processing System Version 91, LA-12740-M, (1994)
- (4) R.E.MacFarlane, TRANSX2: A Code for MATXS Cross-Section Libraries to Nuclear Transport Codes, LA-12312-MS, (1992)