

私の研究から

「挟み込み法」は収束判定の王道

(株)ナイス 内藤 倅 孝

計算機の進歩に伴い、計算結果が種々の判断の材料として使用されるようになってきています。その場合、計算結果が真の値からどの程度離れているかを判断することが重要になります。計算結果を反復法で求める場合、従来多くの場合、前回の計算と今回の計算の差が小さくなったことをもって収束したと判定してきました。しかし、この方法では収束値との差を求めることができません。反復法により、収束値に高い値から近づける場合と低い値から近づける場合の二通りを行う、すなわち、収束値を挟み込むことができれば、収束値はその間にあることになり、収束値の存在する範囲が定まります。この方法をモンテカルロ法により臨界計算する場合に適用し、従来収束判定が困難とされてきた問題を解くことに成功しました。この方法は、従来の計算法よりも2倍以上の計算時間を要しますが、計算機性能の進歩した現在においては、有効な方法であると考えます。今後、種々の計算において、この考え方が用いられることを期待します。

I. 農家でパソコンで科学計算

計算機の発達が目覚しく、昔の巨大ジョブも机上のパソコンで処理できます。特別な冷房もない農家に仲間が集まって仕事をしています(第1図)。地方にいても情報交換はインターネットでできますし、パソコンを10台程度並べて計算するには通常の室内換気で充分で、一昔前のように冷却水が必要になることはありません。こんな環境でも最先端の科学計算に取り組めることは、数年前まで考えられないことでした。私が所属しているのは「株式会社ナイス」で、ナイスはNAIS(Nippon Advanced Information Service)で、いわゆる、ソフトウェア・ハウスです。技術系社員は20名弱の小さな会社で、約半数は博士号取得者です。各人、自分の得意分野で仕事をしていますが、主として、原子力関連のソフトを取り扱っています。その中でも、モンテカルロ法に特に着目しています。

II. モンテカルロ法とともに

私は、米国ORNLで開発されたモンテカルロ・コードKENOを用いて、約20年前に臨界安全の計算を始めました。KENOコードで計算するために、137群の多群定数ライブラリーMGCLを核データファイルENDF/B4を処理して作成しました。核データファイルの処理も、現在のようにNJOYコードが整備されておらず、苦労しました。MGCLとKENOを用いた臨界計算の精度確認のために、多くの臨界実験データを集めて、解析計算をしました。この経験に基づき、OECD/NEAの臨界実験データ収集プロジェクト(ICSBEP)の開始を提案しました。その成果を活用して、多くの人の協力を受けて、臨界安全ハンドブックを作成しました(1988年刊

行)。それまでの臨界安全ハンドブックとしては、米国のTID-7016が、わが国では、主として使用されてきました。この2つのハンドブックは基本的考え方において異なり、わが国のハンドブックは計算結果の誤差の推定を基本として構成されています。計算結果の誤差を推定し、安全評価に使用するという考え方を打ち出したわけですが、原子力界で、モンテカルロ・コードを実用計算に使用したのはこれが初めてではないかと思えます。モンテカルロ法自身については、昔からよく知られ、部分的には使用されていましたが、補足的、教育的にしか使用されていなかった気がします。所詮、実用になる手法ではないよ！といわれていました。しかし、計算機の性能の向上に伴い、現在は原子力の世界でも盛んに使用されるようになりました。臨界計算は核データを用いたボルツマン方程式の最大固有値(中性子増倍率に対応)を求めて臨界になるかどうかを判定するものです。モンテカルロ法を用いると複雑な幾何形状の体系の計算ができるので、核燃料取扱い施設の臨界安全計算に適しています。中性子のエネルギーについては連続的に追跡でき、



第1図 パソコンで科学計算をするナイス社員(左側中央が執筆)

Sandwich Method is a Royal Road for Decision of Convergence : Yoshitaka NAITOH.

(2005年 7月21日 受理)

核種によって適用可能な測定手法が異なるため、本手法によりすべての放射性核種の中性子断面積が測定できるわけではない。本研究と並行して、中性子捕獲反応の逆過程となる光核反応や軽イオンビームによる核反応を利用して中性子を捕獲した状態の原子核を生成し、中性子断面積を導出しようとする試みも始まっている。このように原子炉や加速器を用いた種々の画期的な手法が競争し、また補完し合うことにより、短寿命放射性核種の中性子断面積整備が進展するものと思われる。今後の進展が期待される。

本稿は、平成16年度日本原子力学会賞(論文賞)として受賞した内容を、研究の背景を含めて紹介したものである。本研究は、長期にわたる放射化法を用いた放射性核種の中性子捕獲断面積測定研究で培った測定技術と経験を、高次マイナーアクチニド核種という新しい領域の核種に適用することで得られた成果である。加藤敏郎先生、藤井俊行博士を始めとする多くの共同研究者の皆様と本研究を支援された京大炉スタッフおよび核燃料サイクル開発機構関係者諸氏に深く感謝の意を表したい。

—参考文献—

- 1) H. Harada, *et al.*, *J. Nucl. Sci. Technol.*, **27**[6], 577 (1990).
- 2) H. Harada, *et al.*, *J. Nucl. Sci. Technol.*, **31**[3], 173 (1994).
- 3) H. Harada, *et al.*, *J. Nucl. Sci. Technol.*, **37**[9], 821

(2000).

- 4) T. Katoh, *et al.*, *J. Nucl. Sci. Technol.*, **40**[8], 559 (2003).

- 5) H. Harada, *et al.*, *J. Nucl. Sci. Technol.*, **41**[1], 1 (2004).

著者紹介

原田秀郎(はらだ・ひでお)



1988年東京工業大学理工学研究科物理学専攻博士課程修了。理学博士。同年動力炉・核燃料開発事業団入社。現在、核燃料サイクル開発機構 グループリーダー。入社以来、核変換研究、核データ測定研究、原子力システム設計評価研究等に従事。

中村詔司(なかむら・しょうじ)



1992年東京理科大学理工学研究課物理専攻修士課程修了。同年動力炉・核燃料開発事業団入社。現在、核燃料サイクル開発機構 副主任研究員、理学博士。入社以来、核データ測定研究に従事。

山名 元(やまな・はじめ)



1981年東北大学大学院博士課程(原子核工学専攻)修了。同年旧動燃事業団(現 JNC)入社。1996年より京都大学原子炉実験所。原子力基礎工学研究部門教授。専門は、核燃料サイクル工学、再処理工学・化学、放射化学。

