

話 題 (IV)

モンテカルロ法セミナー「Advanced
Monte Carlo Computer Programs for
Radiation Transport (1993. 4. 17-29)」
における話題から

(日本原子力研究所) 中川 正幸

標記会合がOECD/NEAの主催でフランスのサクレ研究所で開催された。著者はこれに出席する機会を得たのでそこの話題について紹介したい。本セミナーが開かれる前週にカールスルーエで“Joint International Conference on Mathematical Methods and Supercomputing in Nuclear Applications”が開催された。この会議の概要は既に日本原子力学会誌の9月号に東京大の古田先生と大阪大の竹田先生によって紹介されているのでここでは述べないが、この会議の主要なテーマの一つになったのがモンテカルロ法である事は、全発表件数約160の内16件がモンテカルロ法関係であったことから知って頂ける事と思う。この様にモンテカルロ法の用途は従来の核分裂炉における炉心核計算、遮蔽、臨界安全等の分野から大きく拡大し、核融合、加速器、医療、石油井掘削等々予想もしなかった分野にまで用いられている。このような発展は各種モンテカルロコードの信頼性、適用性の充実、高精度化とコンピュータの発展による所が大きい。

今回のセミナーもこの様なバックグラウンドの下に開催されたと言える。参加者は20ヶ国から約80名で、50余件の発表があった。本セミナーの目的は

- ・モンテカルロコードの最近の進歩（汎用コードの改良、分散低減法、ユーザーインターフェイス等）
- ・新しい計算機アーキテクチャ（ベクトル、パラレル計算）を用いたコードの開発
- ・モンテカルロコードのユーザの経験と知識

について発表と討論及び交流を行うことであつた。従つて本セミナーの出席者は汎用コードの開発担当者、手法改良の研究者、多くの使用経験を持ったユーザに限定された。現在、世界で広く使われているコードの開発担当者は殆ど出席しそれぞれの現状と将来計画について講演したのでこの分野での傾向がお互いに認識出来たといえる。研究、開発課題は種々あるが、特に信頼性向上、自動分散低減法、高速化と如何にユーザフレンドリーなシステムを構築するかに努力が注がれている。これら世界の主要コードを開発したグループでは常時6～8人の研究者が研究開発、改良、管理に当たっておりそのアクティビティの高さが分ると共に彼我の差を痛感させられる。

また、新しいアーキテクチャを用いたコードの適用や開発についてはベクトル化に成功していたのは原研のコードのみであった。従ってベクトル型スーパーコンピュータを用いた場合には原研のPRESTOシステムが世界最高速の計算を行える。(他のコードの約20倍)並列化に関してはスカラー高並列、ベクトル並列、EWSによる並列処理が試みられている。並列化の現時点での問題は多くのユーザがその利点を受けられる状況には余りなっていない点であり、これは高(超)並列計算機の商用機が普及していないこと、複数プロセッサを持つスパコンの運用形態にも原因する(つまり一人のユーザが多数のプロセッサを専用することが許されない)。そのため、結局廉価なワークステーションを使っているユーザが結構増えている。

次に世界の主要コードの現状の要点を述べる。

1) MCNP (米国, LANL)

新しいバージョンMCNP 4Aが秋に公開される。開発リーダーのHendricksが強調したのは本コードのフィロソフィーとして"Quality, Value and New feature"であった。QualityではSoftware quality assuranceと多様な実験等に対する精力的なベンチマーク計算を行っていた。Valueはより良いドキュメンテーションの作成、様々なコンピュータプラットフォームへの移植性を維持する事である。New featureについては①幾何形状、タリー出力のX-Window上での図形表示、②ワークステーションネットワーク上での並列処理機能、③統計処理と信頼度に関する情報の強化、④ENDF/B-VI対応(特にファイル6)、⑤境界条件の追加等が行われた。なお、②に力を入れたのは、LANLのCRAYでは現実に並列処理が殆ど出来ないことによる。なおベクトル化は努力したが困難が大きく諦めたと述べていた。本コードの改良や使用経験に関する発表はかなりの件数に上った。

2) TRIPOLI-3 (フランス, サクレ)

バージョン2の改定版として1992年に完成。従来の機能に加えユーザサポートのため分散低減法の半自動化を行う。このため自由飛行(exponential transform)と衝突の両方にバイアスが行われる。そして粒子飛跡とインポートンス分布の可視化機能を持つ。次のV-4のために他の自動化法、並列化の研究等を進めている。自動化の分野では最も積極的なコードと云えよう。

3) MORSE (米国, ORNL)

読者も良くご存知と思うが歴史の古いコードである。機能的には余り変っていないが多重格子形状等も持ちほぼ完成されたコードである。現在はメインフレーム、ワー

クステーション、パソコン上で稼働する。他のコード(DOT、TORT等)とのリンクが行われておりアルベド、線源データがそのままMORSEの入力となる。本コードについても分散低減法や応用例が幾つか発表されたが、その中に長崎にあったある学校を精度良くモデル化し原爆投下時の各教室に置ける被曝量を中性子、二次 γ 線について計算した例等も含まれていた。

4) MCANO (英国)

AEAとBNFLの共同プロジェクトとして、MONK(臨界問題)とMCBEND(遮蔽問題)を結合しMCANOモジュラーシステムを開発し、現在も改良に力を入れている。最近のGUI、CADを用いて可視化、知能化を目指している。機能向上としては核データ、摂動計算、決定論的コードとの結合等を進めている。

5) PRESTOシステム

原研で開発したベクトル化モンテカルロコードシステムで、核データライブラリー作成コードLICEM、多群コードGMVP、連続エネルギーコードMVP、三次元幾何形状表示コードCGVIEWやその他のユーティリティーコードから構成されている。

炉心計算に使えるコードとしては以上が主であるがセミナーでは他に光子、電子、陽子等の輸送計算コードや特殊目的のコード、例えばITS.3(EGS4と並んで有名な光子、電子の輸送コード)、MASH(軍事利用)、PETS(陽電子を伴う反応を扱いトモグラフィ解析等に用いられている)等についても紹介が行われた。原研の樋口は新しい計算機MONTE4の概要とKONO-4及びMCNPのベクトル並列化の結果について話した。ユーザの使用経験に関しては、約20件の発表があったが炉心計算以外のものが大部分(遮蔽、加速器ビーム、医療機器、人体被曝等)でモンテカルロコードはその利用分野を急速に拡げていることがここでもわかる。なお、炉心計算に関しては現在余り用いられていないと言う事ではなく、部分的な分野や設計コードの検証にはかなり使われている。今回筆者は「Capability and Performance of Vectorized Monte Carlo Codes for Neutron and Photon Transport」の題で上記のコードとその実用例について紹介したが、その中で簡単にではあるが話をした全炉心計算(J. Nucl. Sci. Technol. 30, 692(1993)に詳細は掲載)には興味を示した人も少なくなかった。これまで臨界集合体程度の全炉心計算はかなり行われてきたが実用炉になると幾何形状表現法、繰り返し形状のタリー法、計算の高速化(分散低減法のみでは現状では困難)の課題を全て解決する必要があり従来のコードでは

困難であった。従って我々の計算例は炉心計算への応用について確かな前進であろうと思う。

次に今回の会議の特色でもあった自動分散低減化法については9件の研究成果が報告された。この分野の研究は各国共に活発で種々の手法の提案と評価が行われて来たが汎用性、自動化という点では一層の研究が必要であろう。原研では（日本でも似ているが）この種の研究を行う余裕がなく今後の課題である。その意味ではやはりLANLは理論、コード開発、評価の面で最もバランスのとれた研究グループを擁していると思われる。日本の場合はこれまで主に米国製のコードに依存して来たが我々としては我が国独自の特色あるコードを開発したいと思っている。そのためにも日本での研究の裾野が広がる事を期待したい。

次に、核データに関連した発表も幾つか行われたが、主に多群定数にする時の共鳴の取扱の問題が主であり、連続エネルギーで行う場合は非分離共鳴の扱いのみが問題となる。比較的良く用いられている Probability Table 法は今の所最も妥当な方法と考えられる。核データの事を意識して述べるならば、現在の連続エネルギーコードを用いると評価済み核データと前に述べた全炉心計算等が直結し、間に体系のモデル化や断面積の処理に関する不確かさが除かれるので積分テストには大変有効であろう（この辺の事は核データニュース No. 45 に原研の内藤氏が書かれている）。既に、シグマ委員会でもこの方向の活動を行っていると言っているが、モンテカルロコード開発側としては有益な結果が得られる事を期待したい。

最後に我々が現在まで開発して来たコードシステムについては、それぞれの成果についてまとまった段階で Journal、会議、学会等の場で発表させて頂いたがその内にまとめて本ニュースの上でも御紹介する機会があればと願っている。