

放射線・粒子シミュレータの最新動向

三菱電機 西沢博志

近畿大学 若林源一郎

放射線・粒子線の挙動を解析するシミュレータは、検出器設計、遮蔽計算、被曝線量の見積り、物理モデルや断面積データのベンチマーク等、様々な用途に利用されている。近年は計算コードの進展と計算機性能の向上により、精度の高い計算を短時間で実行できるようになってきており、今後も様々な分野で活用されることが期待される。しかし、数ある放射線・粒子シミュレータを一度に解説し、お互いに情報交換する機会は少なかった。そこで、今回のシンポジウムでは、各分野で利用されているシミュレーションコードの最新動向と適用事例を、コード開発者や精力的に利用されている第一人者の先生方にご講演いただいた。ご講演いただいたシミュレータは、国内でユーザー数の多い EGS5、PHITS、MCNP、Geant4、MVP の5種類である。

まず、電子光子輸送モンテカルロ計算コード EGS5 (Electron Gamma Shower 5) について、高エネ研・波戸芳仁先生にご講演いただいた。EGS コードは数 keV から数 100 GeV のエネルギー範囲での電子・光子輸送をシミュレートする汎用 Monte Carlo 計算コードであり、最新版である EGS5 はスタンフォード線形加速器センター、高エネルギー研究所、ミシガン大学の協力で開発され、2006 年に公開された。今までに、高エネルギー物理・原子力・医療・アイソトープ・宇宙などの様々な分野で利用されてきており、近年のトピックスとして、電子後方散乱に関する検証、Landau-Pomeranchuk-Migdal (LPM) 効果の組み込み、シンチレーション光の輸送を含めたシンチレーション検出器のシミュレーションが紹介された。

次に、粒子・重イオン輸送計算コード PHITS (Particle and Heavy Ion Transport Code System) について、原子力機構・佐藤達彦先生からご講演があった。PHITS は原子力機構が中心となり国内外複数の研究機関と協力して開発されたコードである。陽子・重粒子・中性子をはじめ様々な種類の粒子を取り扱えることが特徴で、その応用範囲は原子力分野にとどまらず、放射線医療、原子核・素粒子物理、地球惑星物理など多岐にわたっている。今後は EGS5 との統合や DWBA などの核反応モデルの導入が予定されている。なお、本コードは国内で年 10 回程度の講習会が開催されている。今回の学術講演会でも、シンポジウム同日にコードの使用方法に関するチュートリアルが開催され、参加者のシミュレータに対する理解・習得が深まったものと思われる。

中性子・光子輸送モンテカルロコード MCNP (Neutron/Photon Monte Carlo Transport Code) は、原子力機構・佐藤聡先生からご講演をいただいた。MCNP は、米国ロスアラモス研究所が開発している中性子、光子、電子の輸送計算を行える汎用連続エネルギーモンテカルロで、世界で最も普及している放射線輸送計算コードの一つである。講演では国際

熱核融合実験炉（ITER）の遮蔽計算の例を中心にご紹介いただいた。大規模で複雑な構造物の計算モデルを効率的に構築するためにCADデータから自動的に計算コードを作成する方法や、メンテナンス作業のための放射線管理に必要な γ 線線量率を正確に見積るため、従来の手法よりも γ 線の発生場所とエネルギーを詳細に模擬する手法を新たに開発したことが紹介された。

次に、放射線シミュレーションのための Geant4 ツールキットについて、高エネ研・佐々木節先生からご講演をいただいた。Geant4 は高エネルギー加速器研究機構と欧州原子核研究機構（CERN）が中心となり 2004 年から開発が開始され、今までに素粒子物理学を中心に医学・宇宙など幅広い分野で活用されている。Geant4 は他のコードと違い「ツールキット」として様々なプログラムが用意され、ユーザー自身がツールキットを使いこなし、さらにはユーザー自身が改良できるように内部設計書が公開されていることが特徴である。Geant4 は粒子シミュレータの中で論文引用件数が最も多いものの、日本での利用者は比較的少なかったため、最近では講習会を頻繁に開き、資料も日本語で整備するなど、普及に尽力されていることをご紹介いただいた。

最後に、汎用中性子・光子輸送計算モンテカルロコード MVP について、原子力機構・長家康展先生にご講演いただいた。MVP コードは日本で開発された炉心解析コードであり、主に原子炉での応用を目的として開発された。本コードの特徴は、臨界計算や固有値問題を解けるほか、原子炉炉心で良く見られるような繰り返し形状のモデル生成を効率的に行える手法、確率論的な幾何形状モデルなどもあり、他のコードに無い多くの機能が紹介された。

本シンポジウムでは、これらの異なるシミュレータについて一堂に会してご講演いただいた結果、相違点や共通点が一層明確化され、聴講者の理解が進んだものと思われる。また、それぞれの開発者においては、コードの開発や普及で苦勞されている点などの情報交換の場となった。各シミュレーションコードは今後も進展・改良が継続的に行われ、ますます高精度化し、かつ、使い易くなっていくものと思われる。このシンポジウムを開催した放射線分科会では、今後もチュートリアルや講演会の開催などを通じて、各研究者の研究開発活動に貢献できるよう活動を行っていく。

最後に、ご講演を快くお引き受けいただいた先生方、および、ご来場いただきました聴衆の皆様方に厚くお礼申し上げます。