

Geant4 初心者講習会

KEK 計算科学センター

村上 晃一

koichi.murakami@kek.jp

2020年（令和2年）2月3日

1 はじめに

2019年11月5日から7日にかけて、京都大学理学研究科セミナーハウスにて、高エネルギー・原子核実験、宇宙分野向けに測定器シミュレーションのためのGeant4初心者講習会 [1]を開催しました。Geant4講習会はGeant4日本グループが中心となり、毎年定期的で開催しています。開催にあたっては、ホストとなっていた大学や研究機関に協力を依頼し、共催という形で実施しています。今回は京都大学白眉センター、宇宙物理学教室、物理学第二教室にホストしていただき、会場提供や会議運営の協力を得ました。参加者は45名で、高エネルギー・原子核実験、宇宙関連の大学院生が中心でした。

Geant4 [2]は測定器シミュレーションのソフトウェアとして、ほとんどすべての高エネルギー・原子核実験で使用されています。Geant4は開発開始から20年以上経ちますが、ユーザの要求要件をもとに、国際協力のもとで物理過程の拡充や機能追加が精力的に行われています。日本グループはGeant4の開発初期の段階から開発に貢献してきました。

Geant4に関する情報は、各種ユーザマニュアルや物理過程のドキュメント、コードブラウザ、ユーザーフォーラムなど様々な形で提供されています。Geant4のソフトウェア体系は非常に複雑かつ膨大であり、初心者にとってソフトウェアの全体像をつかみづらくなっています。実際にシミュレーションをやろうとすると、C++言語によるソフトウェア開発の知識も必要となります。また、英語による情報がほとんどであり、特に日本の若手の初心者ユーザにとっては学習するハードルが高くなっています。そこで、日本グループは、日本語による初心者講習会資料を2013年に作成しました [3]。また、Geant4を使う上で必要な最低限のC++言語の予備知識をまとめています。こちらプログラミングの教材として活用していただければと思います。Geant4は一年に一回、新しいバージョンをリリースします。新しいリリースの度に、前年度のフィードバックも含めて講習会資料の内容を改訂しています。

講義では、講義内容に沿った演習課題を用意して、演習を行っています。演習では、Geant4の環境を一式整えたLinux

の仮想マシンを配布しています。仮想マシンは、VMware, Parallels, VirtualBox 用のものを配布しています [4]。Windows, Mac などユーザのパソコン環境で仮想マシンを使ってGeant4を体験することが簡単にできます。Geant4が動作する環境を構築するのも、初心者にとっては難しい面があります。まずはこの仮想マシンを用いて、Geant4の環境に慣れていただければと思います。これらの講義資料は、世界中で行われているGeant4の講習会資料のエッセンスを、初心者向けの内容に編集して、一から作成したものです。Geant4の初心者が知っておいて欲しい内容を基礎から体系的に説明しました。世界的に見ても、これほど充実した内容の講義資料は日本語版だけと言えます。これらの講義資料、演習資料、仮想マシンは

<https://wiki.kek.jp/display/geant4/>

にて公開しています。講習会に参加されなかった方も是非参考にいただければと思います。

2 講義内容

今回は、5日の午後から7日の夕方まで、実質2日半で実施しました。初日の講義は、放射線シミュレーションの基本的な概要やGeant4の概要から始まり、Geant4の基本概念や技術的な枠組みについて説明します。Geant4は非常に膨大なソフトウェア体系です。ソフトウェアの設計思想の大枠を理解しておくことは、実際にシミュレーションソフトウェアを使う上で非常に重要になります。その後、仮想マシンの環境を通して、Geant4のアプリケーションを実際に動作させることを学習しました。

2日目からは、実際にユーザプログラムを作成していくための必要要素に関して講義を行いました。Geant4はソフトウェア・ツールキットです。あくまで、ユーザがシミュレーションを行うための部品を提供しているだけです。ユーザが自分のシミュレーションを行うためには、自分でC++言語を使ってプログラムを書かなければなりません。これも初心者ユーザにとっては、ハードルが高くなっている一因です。講習会では、機能に関する講義とその演習という形で、実際にプログラムに触ってもらい、内容の理解を深めることができます。2日目は、ジオメトリの定義、初期

粒子の発生方法、物理相互作用の記述と利用に関して、講義と演習の形で実施しました。これらの3つの要素は、Geant4のシミュレーションを行うにあたって必須のユーザ定義要件となります。また、Geant4の特徴として、シミュレーションで考慮する物理過程に関してもユーザ自身が必要なものを取捨選択して、最適な物理過程のリストを指定する必要があります。Geant4では一つの物理過程に対して様々なモデルが提供されています。自分のシミュレーションにとって何が必要かを考えて、扱う物理過程を選択します。講習会では、Geant4が扱う物理過程の大枠の体系を解説し、各ユースケースでどのような物理過程、物理モデルを使用すればいいかを解説しました。

2日目までで、シミュレーションを走らせるための手法を学習しました。3日目には、Geant4のシミュレーション結果にどのようにアクセスし、処理するかについて講義しました。演習では、基本的な例題として、BGO結晶中でのエネルギー損失をROOT上でヒストグラム表示させる課題を行いました。Geant4のもっとも基本的な機能だけを利用して、測定器シミュレーションを行う基本的な技術の習得を目指します。演習を通してGeant4の基本的な使い方を学んだ後、自分のやりたいシミュレーションへ発展させていただければと思います。

3 Geant4のユーザ事例報告

今回は、京都大学のローカルオーガナイザーの協力で、研究会トピックとして、講義の間に若手の研究者からGeant4を使ったユーザ事例の紹介をしていただきました。T2K実験、次世代ハイパー核分光実験、AXEL実験、高エネルギー大気物理学での利用、X線天文学での利用といった内容で、幅広い分野から講演をしていただきました。どの講演も実際の研究の最前線にて、Geant4をどのように利用しているのか、迫力のある話が聞けました。また、Geant4の利用で苦労した部分やシミュレーションのアイデアなどを聞けて、非常に興味深かったです。また、講演をいただいた方の中には、過去にGeant4初心者講習会に参加された方もおり、本講習会が実際の研究に貢献できたこともうれしく思いました。

4 おわりに

Geant4の初心者講習会は、定期的で開催しています。例年、高エネルギー・原子核実験、宇宙分野向けの測定器シミュレーションのためのコースと医学応用のコースに分けて開催しています。今後も継続して、実施していきたいと考えています。講習会の開催にあたっては、大学や研究機関にお願いして、講習会会場を提供していただいています。来年度以降もすでに提案を頂いておりますが、新たに講習会をホストしていただける場合は、ご連絡ください。

放射線シミュレーションは非常に応用範囲の広い技術です。Geant4は高エネルギー・原子核実験の測定器シミュレーション以外にも、宇宙線や宇宙科学分野、放射線医療分野、工業分野など幅広い分野で利用されています。Geant4自体、放射線物理の知識の集大成であり、シミュレーションを通して、放射線物理とその応用技術の最前線に触れることができます。特に放射線治療の分野では、国内外でGeant4が積極的に利用されています。若い人たちのキャリアパスとしても、いろいろな可能性があります。そういった意味でも放射線シミュレーションの分野に興味をもっていただくと幸いです。

最後に、講師のみなさまを紹介します。(所属別・敬称) 尼子 勝哉、岡田 勝吾、佐々木 節、陳 叶 (KEK)、吉田 肇 (鳴門教育大)、藏重 久弥 (神戸大)、尾崎 正伸 (JAXA)、木村 彰徳 (足利大)。特に、尼子氏と吉田氏には、講習会の講義資料および演習資料の準備に多大な努力を頂き、深く感謝いたします。また、今回、講習会をホストしていただいた京都大学のローカルオーガナイザーのみなさま、榎戸 輝揚氏、田中 孝明氏、隅田 土詞氏、後神 利志氏におかれましては、会場や懇親会の手配など会議運営面でサポートをいただきました。この場を借りて、お礼申し上げます。

参考文献

- [1] <https://wiki.kek.jp/x/DgsgBg>
- [2] <http://www.geant4.org/>
- [3] <https://wiki.kek.jp/x/qgHQAQ>
- [4] <https://wiki.kek.jp/x/4CVj>