

加速器・ビーム科学部会セッション

モンテカルロシミュレーションと加速器
Monte Carlo Simulation and Particle Accelerator

(1) Geant4 シミュレーションツールキットとそのアプリケーション開発例

(1) Introduction to Geant4 and its application developments

*阿蘇 司¹¹ 富山高等専門学校

1. はじめに

Geant4¹は、粒子と物質との相互作用をモンテカルロ法により計算するシミュレーションツールキットである。現在、高エネルギー物理学や原子核物理学のみならず、宇宙物理や医学物理などの様々な分野で広く利用されている。アプリケーション・ソフトウェアの形態で提供される他のシミュレーションコードと異なり、Geant4は実験等の用途や仕様に応じた独自のフレームワークに組み込むことを想定し、ソフトウェア部品を提供するツールキットとして開発、配付がなされている。1998年の最初の公開後、オブジェクト指向技術の設計開発方法論による設計実装も功を奏し、例えば、シンチレーション光の追跡等の物理モデルの拡張や、DNAサイズでの物理計算を行うGeant4-DNAプロジェクト²の展開など、その拡張性の高さが実証されている。ツールキットとしての配付は、物理解析とシミュレータの改善・最適化が同時進行する大規模実験の分野においては、計算科学の専門家によるシミュレータの開発・改善と、その利用者として物理解析を行う研究者との分業体制が確立していたため、非常に有効に機能した。しかし一方で、十分なソフトウェア開発技法を習得していることがGeant4アプリケーション開発の前提であったため、医学や工学などの分野でGeant4を利用する際の難しさの要因ともなっている。そこで、利用者によるGeant4アプリケーション開発の労力を軽減する観点から、アプリケーション開発の事例について紹介する。

2. Geant4のアプリケーション開発例

PTSIM(Particle therapy system simulation framework)³は、JST-CREST 研究(2003-2009, 代表 KEK 佐々木教授)「高度放射線医療のためのシミュレーション基盤の開発」⁴の成果物であり、粒子線治療装置と患者形状に基づく線量分布計算等を行うシミュレータである。利用者によるC++コード開発を減らし、ユーザインターフェイスコマンドによるシミュレーション条件設定が可能となっている。国内外の粒子線治療機関に配布されて治療計画装置の検証や研究に利用されており、Geant4 医学応用講習会の教材としても利用されている。

Galet(Geant4 application templet for primer)⁵は、小規模なGeant4アプリケーション開発を行うための雛形プログラムである。利用者はジオメトリ記述と取り出す物理量の記述のみを行うことで、シミュレーションを構築することができる。2016年から実施している高専-KEK 加速器・計算科学インターンシップ(KEK 大学等連携支援事業)において、高専生のGeant4シミュレーション構築実習で教材として利用している。

3. まとめ

講演では、Geant4 シミュレーションツールキットとそのアプリケーション開発について、PTSIM や Galet での開発事例を紹介し、その解説を行う予定である。

参考文献

- [1] S. Agostinelli et al., Nucl. Instrum. and Meth. A 506(3), (2003) 250-303; J. Allison et al., IEEE Trans. on Nucl. Sci. 53(1), (2006) 270-278; J. Allison et al., Nucl. Instrum. and Meth. A 835, (2016) 186-225.; [2] S. Incerti et al., Med. Phys. 45, (2018) e722-e737; S. Incerti et al., Med. Phys. 37 (2010) 4692-4708; S. Incerti et al., Int. J. Model. Simul. Sci. Comput. 1, (2010) 157-178.; [3] T. Akagi et al., Prog. in Nucl. Sci. and Technol. 4, (2014) 896-900.; [4] 佐々木節他, 日本シミュレーション学会, シミュレーション 28(1), (2009).; [5] T. Aso et al., Nagaoka Univ, Trans. on GIGAKU 6(1), (2019) 06005/1-12.

*Tsukasa Aso¹¹National Institute of Technology, Toyama College