

放射線専攻学生を対象とした放射線シミュレーションの 教育的有効性の検討

Effects of Radiation Simulation for Undergraduate Students in the Department of Radiological

松谷 秀哉*、門前 暁**、細田 正洋**、
柏倉 幾郎**、加藤 博之*

Hideya MATSUTANI, Satoru MONZEN, Masahiro HOSODA, Ikuo KASHIWAKURA, Hiroyuki KATO

要 旨

医療系の各分野では、それぞれに習得すべき知識や技術についての専門性は高く、その量もかなり多い。さらに、人の生命や人生などに影響を与える事からその習得レベルも高いものが要求される。そのため、模擬環境やシミュレータは知識や技術などの習得に大きな役割を担っている。

保健学科放射線専攻は主に診療放射線技師の養成を目的としており、医療における放射線に関連するさまざまな知識や技術を4年間で講義や実習などで習得する。放射線自身は五感で感じないが生物に対して大きな影響を及ぼす、といった特徴から放射線に対して具体的なイメージを持つことが難しい。そのため、学習内容に対して、必要以上に難しく感じてしまう傾向がある。今回、3年次科目「医用情報学演習」において放射線シミュレーション (EGS5: Electron-Gamma Shower ver.5) を用いた授業をおこない、シミュレーション教育に対する有効性を検討した。

キーワード：シミュレーション、診療放射線、EGS

背 景

シミュレーションは知識や技術を容易に擬似的に体験できることから教育において重要なツールである。医療系の各分野における、それぞれに習得すべき知識や技術についての専門性は高く、その量もかなり多い。さらに、人の生命や人生などに影響を与える事からその習得レベルも高いものが要求される。そのため、模擬環境やシミュレータは知識、技術、経験の習得において大きな役割を担っている。

保健学科放射線専攻では放射線が基礎（骨格）となるが、放射線は五感で感じる事ができないために物質内においてどのような事が起きているのかを具体的にイメージすることが出来ない学生が多い。そのため、お互いの関連する知識や技術が結びつかず独立した個々のものとしてしか理解されない事が多い。実習や実験はこれらを補う役割を担っているが、時間や環境などの様々な制限から充分とはいえない。シミュレーション教育はこれらの制限を軽減できるアクティブラーニング・教育機会を提供する環境といえる。

*弘前大学大学院医学研究科総合診療医学

General Medicine, Hirosaki University Graduate School of Medicine

**弘前大学大学院保健学研究科放射線生命科学分野

Department of Radiological Life Sciences, Hirosaki University Graduate School of Health Sciences

目 的

放射線シミュレーションは自由度が高く、様々な状況・環境を擬似的に再現することができるが、逆に、内容が発散する、持て余す、といった危惧もある。そこで本件では、放射線専攻の学生が授業や実験などで既に学習した放射線防護の3原則などに対してシミュレーションをおこない比較検討する課題を出題した。一般的に、実験における測定とシミュレーションの結果は一致しない。これは測定における環境や条件などがシミュレーションとは異なるためである。この差異を考え検討する過程で様々な知識や技術の関連付けが必要となる。この差異とその思考過程が本件で重要視している点であり、これらを思考することにより自然な形で知識や技術が関連づいてくる事を意図している。その際に、シミュレーションにより視覚的にその状況を確認できるため、より容易に理解しやすくなる。ここでのねらいは下記の通りである。

- レポートの書き方（学術形式：目的、方法、結果、考察）
- 数量化と図表化、データ処理
 - ▷放射線防護の3原則（距離の逆2乗則、物質厚の吸収曲線）
 - ▷対数グラフ（片対数と両対数）
- シミュレーションと実験値との違い（幾何学的条件と検出効率）

方 法

本件で用いた放射線シミュレーションプログラムはEGS5（Electron-Gamma Shower ver.5; 高エネルギー研究所放射線遮蔽グループ, 2015）である。EGS5は電子や光子（X・ γ 線）をモンテカルロシミュレーション計算するもので、長年にわたり開発・保守され、放射線関連の研究・開発のみならず臨床研究や放射線教育・授業などでも使用されている。EGS5の使用方法は、ユーザが用途に応じてFORTRANプログラムを書き加えて実行するタイプのもので、今ではやや古く感じられるスタイルである（以降、「オリジナルEGS」と記す）。本学放射線専攻でのプログラミングの授業は3年次後期の1科目のみである。ここではC言語を用いており、FORTRAN言語の経験はない。加えて最近のパソコン利用はGUI（Graphical User Interface）環境での操作がほとんどで、コマンド操作による経験はほとんどないのが現状である。そのため、学生がEGS5を使えるようになるには、かなりの時間が必要となる。

そこで本法では、EGS5の汎用性を犠牲にして医療や教育での典型的な場面を想定して限定化する事により、誰でもが分かりやすく使えるようにプログラミングやコマンド操作を必要としないGUI操作によるシミュレーション環境を構築した（以降、「改造版EGS」と記す）（松谷ら, 2016）。オリジナルEGSと改造版EGSの構成を図1と図2に表す。なお、今回用いた改造版EGSは、本学総合情報処理センターの教育用システムでのPドライブ（「public」ドライブ）-「松谷」-「EGS」にあるので興味のある方は参照して欲しい。

本授業は本学の医学部保健学科放射線科学専攻の3年次学生を対象とした「医用情報学演習」であり後期15回の構成である。EGSはその中の3回であり、本学総合情報処理センターの教育用パソコンとOSとしてWindows8.1を使用した。授業の初回は従来の方法であるオリジナルEGSを使用、次回以降から改造版EGSを使用した。これは、学生がオリジナルEGSを経験する事、学生のプログラミングやコマンド環境に対するスキルを確認する事、改造版EGSの効果を確認する事、を意図したものである。そして最後に課題を出題した。課題は以下の通りである。なお課題レポートは提出して終わりではなく、その内容に対してコメントや問題提起といったフィードバックを行うことを繰り返した。

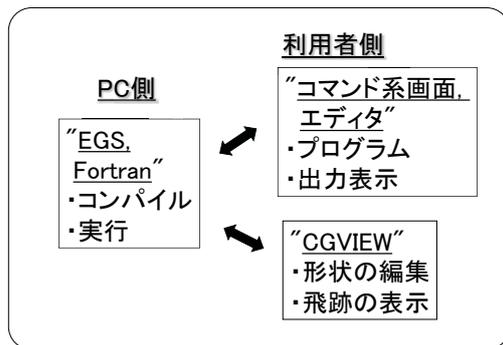


図1 オリジナルEGSのシステム構成

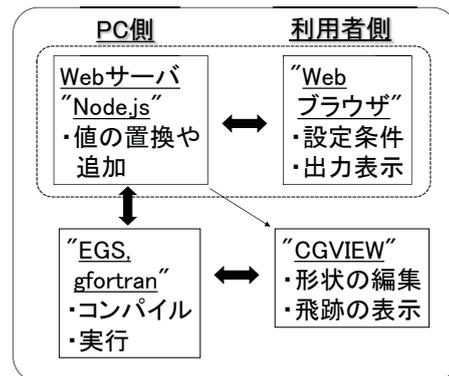


図2 改造版EGSのシステム構成 (点線部が改造部分)

・課題1：放射線防護の3原則

放射線防護の三原則についてEGSでシミュレーションしなさい。ただし、方法などは各自で検討・デザインして実行すること。なお、三原則の時間については自明である事から省略してよい。

・課題2：これまでに実施した放射線計測実験とシミュレーションとの比較検討

これまでに行った放射線計測実験と同じ測定系や観測条件を設定してEGSでシミュレーションしなさい。なお、結果は実際の測定結果と共に示し、この2つについて比較検討すること。

結 果

コマンド環境に対するスキルとオリジナルEGS

コマンド環境によるプログラミングは既に他の授業において実施済みであるが、コマンド環境に対するスキルは人によりバラツキが大きく、容易に操作できる人の割合は1/4程度、一方、ほとんど立ち往生状態で進まない人の割合も1/4程度であった。中にはWindowsでのコマンド環境の基本となる「コマンドプロンプトって何ですか、知らない」という人も何人おり、あまり定着していない状況であった。オリジナルEGSでの実施は、コマンド操作のみで利用できるチュートリアル用に公開されているユーザコードを用いた。ひとつは最もシンプルな「tutor1」（高エネルギー研究所放射線科学センター，2006）であり、もうひとつはより実用的な「ucshield」（高エネルギー研究所放射線科学センター）である。「tutor1」は全員が比較的スムーズにコンパイル・実行できたが、「ucshield」ではプログラムに対して1行を不実行するための記号（コメント文）を1文字入力する指示（行頭に「C」を入力）をしたところ、ほとんどの人がコンパイルでつまずき実行できた人は2割にも満たなかった。コマンド操作的に見た場合、この2つのユーザコードで差がないことから、プログラミングやコマンドの不慣れが原因と考える。

一方、改造版EGSは柔軟性・拡張性を限定はしているものの、「ucshield」よりも多様な状況を設定でき学生実験などをシミュレーションすることが可能である。実施状況は、最初はやや戸惑いもあったが比較的短時間で慣れて全員が取り敢えずではあるがコンパイル・実行までできた。一度慣れると以後はつまずくこともなくスムーズにコンパイル・実行できた。改造版EGSの様子を図3に示す。

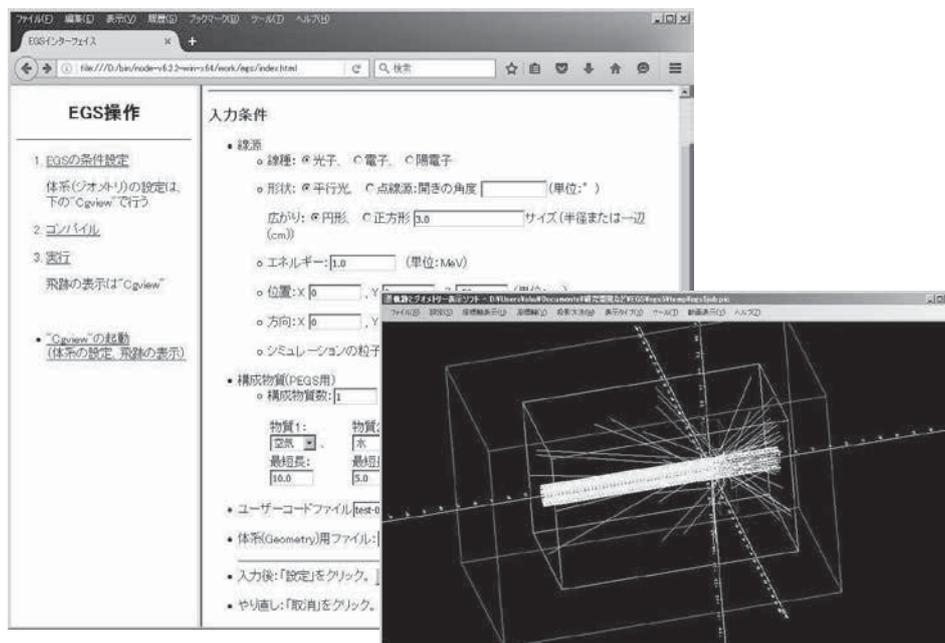


図3 改造版 EGSの使用時の様子
(ブラウザでの設定(左)とCGVIEWによる可視化(右))

レポートの書き方、数量化と図表化、データ処理

出題した課題についての提出レポートは指定したこともあり、構成としてはほとんどが学術形式(目的、方法、結果、考察の文章構成)であった。しかし一方で、結果の数値化についてはほぼ皆無で、画像のみを貼り付けて1~2行程度の文章のみを書く人がほとんどであり、グラフ化やデータ処理が行われていない。また、放射線防護の3原則である「距離の二乗で放射線は減少(距離の逆二乗則)」、「放射線は遮蔽物の厚さに指数関数で減少」などについては文章のみで述べる程度で、定量的に示したものはごく僅かであった。

提出レポートに対して問題点などを指摘した結果、数値化については1回の指摘でほとんどの人が修正されたが、放射線防護の3原則などについては約半数の人がまだ定量的に示さず言葉のみのままであった。

シミュレーションと実験値との違い

シミュレーションの設定については、幾何学的条件(位置や測定系の形状など)については認識しやすく基本的の実験系をほぼ再現できる設定となっていた。ただ、なかには実際の測定器全体と検出部を区別していない、などルーズなものもあった。一方で、測定器の一部を通過する(例えば、粒子が側面から抜ける、など部分的に通る場合)、といった場面については見落としやすくレポートにもあまり記載がない。このような言葉では少し分かりづらい・伝えづらい事に対しても、可視化により具体的に状況を指摘することが可能であった。

ところで、シミュレーションのデザイン的な問題は多く見られた。例えば、測定点が2~3点のみ、サンプリング粒子数が50~100個、などである。これらは、関数型そのものが定まらない、放射線源から離れた測定点では計測数が極端に小さくなり大きな誤差が生じる、といった事を意味している。そのため放射線防護の3原則の検証に対して大きな影響を与える。

提出レポートに対して指摘した結果、測定点数については1回の指摘でほぼ修正されたが、側面通過やサンプリング粒子数についてはあまり改善が見られず、言葉のみやそのままのものが多かった。

考 察

先に述べたようにオリジナルEGSはコマンドでの使用を基本としている。以前の計算機環境ではこれが一般的な利用環境であった。しかし現在では、パソコンやスマートフォンなどではGUIでの使用が一般的であり、コマンド自体を知らない人が大多数である。このことから以前からのアプリケーションもGUIでの使用へ対応することは自然な流れと言えるが、EGS5のようにまだ対応が遅れているものや開発や維持などがすでに終了したものもある。今回用いた改造版EGSのような手法は、GUI未対応の以前からのアプリケーションに対して有効である。

今回の課題ではシミュレーションとその後のデータ処理が骨格となるが、当初の提出レポートにおいて数値データが殆ど皆無であったばかりでなく、ほぼ全員が1数値ごとに1画像を貼り付けてあった。これは学生からすると「見れば分かる」的な感覚であることが推測でき、EGS5がある程度のインパクトがあり肯定的評価がされた現れとも考えられる。しかし教養教育の基本であるアカデミックスキルからすると、レポートの書き方がまだ身につけていない、実践できない・していない、といった状況といえる。シミュレーションの大きな特徴は、手軽に条件を変えて模擬実験・仮想体験を何回でもできる、といった点にある。そのため、課題に際しては予め事前に条件を変えた試行実験とその結果を踏まえたデザインが必要であり、これが本質の理解やスキル向上につながる。学生にとって、このデザインに至るまでの試行や思考の繰り返しが学習プロセスにおけるシミュレーションがもたらす大きな学習効果といえる。今回はこの説明を省略して学生の主体性に任せたが、結果から見る限り効果的とはいえなかった。学生に対する教師の指導・介入といった授業の改善を示唆するものであった。

医学教育においては、早い時期から医療に携わるイメージを持つ事が自身の責任や主体性を育てる上で重要である（加藤ら, 2014）。シミュレーションは模擬的な状況や場면을再現できることから、放射線治療における疾患への効果や医療者の被ばく量の算出、などといった実際の診療場면을テーマとした疑似体験が可能となる。単なる講義・授業では興味を持ちづらい内容に対しても、現状に即した具体的な場面の設定や問題提起とシミュレーションの組み合わせにより、モチベーションや興味を持てるアクティブラーニングが可能になると考える。

文 献

- 高エネルギー研究所放射線遮蔽グループ (2015). Welcome to the Electron Gamma Shower (EGS) Web Page. <http://rcwww.kek.jp/research/egs/>
- 松谷 秀哉、門前 暁、細田 正洋、柏倉 幾郎 (2016). 「放射線専攻学生を対象としたHTML5による放射線シミュレーション環境の開発」『第36回医療情報学連合大会』
- 高エネルギー研究所放射線科学センター (2006). A SERIES OF SHORT EGS5 TUTORIALS. <http://rcwww.kek.jp/egsconf/2006-course/tutor.pdf>
- 高エネルギー研究所放射線科学センター. <http://rcwww.kek.jp/research/egs/kek/egs5/isord5.tar.gz>
- 加藤 博之、松谷 秀哉、大沢 弘、中根 明夫 (2014). 「医学科1年次教育 科目『臨床医学入門』におけるワークショップ授業の教育効果」『21世紀教育フォーラム』9, 27-33.