

2019 年度 修士論文

Geant4 の教育的利用

2020 年 1 月 5 日

京都教育大学 理科教育専修
基礎物理学研究室 修士 2 年

村田 大樹

目次

1	はじめに	5
2	序論	6
2.1	学習指導要領における放射線の扱い方の変遷	6
2.2	Geant4	9
2.3	α 線	10
2.4	β 線	10
2.5	γ 線	10
2.6	制動 X 線（連続 X 線）	11
2.7	クルックス管	11
3	Geant4 を用いた授業開発	13
3.1	授業の流れ	13
3.2	Geant4 でのプログラム実行画面	13
4	授業実践とアンケート結果	14
4.1	事前アンケート結果：放射線についてのアンケート	14
4.2	事前アンケート結果の考察	16
4.3	事後アンケート結果：シミュレーションを用いた放射線学習についてのアンケート	17
4.4	事後アンケート結果の考察	20
5	結論	21
6	付録	22
6.1	授業前に実施したアンケート用紙	22
6.2	授業後に実施したアンケート用紙	23
7	謝辞	24

図目次

1	Geant4 の ATLAS 検出器への利用	10
2	制動 X 線の放出過程	11
3	Geant4-tk	13
4	Geant4-viewer	13
5	アンケート調査 1-1	15
6	アンケート調査 1-2	15
7	アンケート調査 1-3	15
8	アンケート調査 1-4	15
9	アンケート調査 1-5	15
10	アンケート調査 1-6	15
11	アンケート調査 1-7	16
12	アンケート調査 2-1	17
13	アンケート調査 2-2	17
14	アンケート調査 2-3	18
15	アンケート調査 2-4	18
16	アンケート調査 2-5	18
17	アンケート調査 2-6	18
18	アンケート調査 2-7	18

表目次

1	事前アンケートに対する回答の分布	16
2	事後アンケートに対する回答の分布	19

1 研究背景

東日本大震災に起因する災害等の影響等により世間の放射線に対する意識は高くなっているが、放射線に対する不安や間違った認識から被災地食品などに対する風評被害が発生しており、学校教育における放射線教育の重要性が高まっている。

平成 20 年改訂の中学校学習指導要領に放射線に関する学習内容が追加されたことや、それまで第 3 学年のエネルギーの単元でしか放射線を扱っていなかったのに対して、平成 29 年改訂の同指導要領では第 2 学年の電流の範囲でも放射線が扱われているように、中学校理科において放射線について学習する場面が増えている。

2018 年の卒業研究において、村田は「Geant4 シミュレーションと γ 線測定」という題目で研究を行った。そこで、実際の測定とシミュレーションを組み合わせることで実験計画を立てられたり、実験の確度を高められたりするというようなシミュレーションの利点を確認できた。また、放射線の軌跡をシミュレーションし可視化できるという Geant4 の機能を教育に生かせるのではないかと感じていた。以上のような背景から Geant4 を用いることで、放射線についての理解を深めることができると共に、シミュレーションを用いることの有用性を検証できるような授業開発を行った。

2 序論

2.1 学習指導要領における放射線の扱い方の変遷

学習指導要領で放射線がどのように扱われているのか、また平成 20・21 年改訂版から平成 29・30 年改訂版へと遷移していく中で、放射線についての記述にどのような変更点があったのかを確認した。

平成 20 年改訂の中学校学習指導要領 [2] では放射線に関して以下のような記述がある。

第 2 章 各教科 第 4 節 理科

第 2 各分野の目標及び内容 [第 1 分野]

2 内容

(7) 科学技術と人間

エネルギー資源の利用や科学技術の発展と人間生活とのかかわりについて認識を深め、自然環境の保全と科学技術の利用の在り方について科学的に考察し判断する態度を養う。

ア エネルギー

(イ) エネルギー資源

人間は、水力、火力、原子力などからエネルギーを得ていることを知るとともに、エネルギーの有効な利用が大切であることを認識すること。

3 内容の取扱い

(8) 内容の (7) については、次のとおり取り扱うものとする。

イ アの (イ) については、放射線の性質と利用にも触れること。

また、平成 21 年改訂の高等学校学習指導要領 [4] には放射線についての記述として以下のようなものがある。

物理基礎

2 内容

(2) 様々な物理現象とエネルギーの利用

様々な物理現象を観察、実験などを通して探究し、それらの基本的な概念や法則を理解させ、物理現象とエネルギーについての基礎的な見方や考え方を身に付けさせる。

エ エネルギーとその利用

(ア) エネルギーとその利用

人類が利用可能な水力、化石燃料、原子力、太陽光などを源とするエネルギーの特性や利用などについて、物理学的な視点から理解すること。

(イ) エネルギー資源

人間は、水力、火力、原子力などからエネルギーを得ていることを知るとともに、エネルギーの有効な利用が大切であることを認識すること。

3 内容の取扱い

(2) 内容の範囲や程度については、次の事項に配慮するものとする。

イ エの(ア)については、電気エネルギーへの変換を中心に扱うこと。「原子力」については、関連して放射線及び原子力の利用とその安全性の問題にも触れること。

これに対し平成 29 年度改訂の中学校学習指導要領 [3] では以下のような記述となっている。

第 4 節 理科

第 2 各分野の目標及び内容 [第 1 分野]

2 内容

(3) 電流とその利用

電流とその利用についての観察、実験などを通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。

ア 電流、磁界に関する事物・現象を日常生活や社会と関連付けながら、次のことを理解するとともに、それらの観察、実験などに関する技能を身に付けること。

(ア) 電流

㊦ 静電気と電流

異なる物質同士をこすり合わせると静電気が起こり、帯電した物体間では空間を隔てて力が働くこと及び静電気と電流には関係があることを見いだして理解すること。

(7) 科学技術と人間

科学技術と人間との関わりについての観察、実験などを通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。

ア 日常生活や社会と関連付けながら、次のことを理解するとともに、それらの観察、実験などに関する技能を身に付けること。

(ア) エネルギーと物質

㊦ エネルギーとエネルギー資源

様々なエネルギーとその変換に関する観察、実験などを通して、日常生活や社会では様々なエネルギーの変換を利用していることを見いだして理解すること。また、人間は、水力、火力、原子力、太陽光などからエネルギーを得ていることを知るとともに、エネルギー資源の有効な利用が大切であることを認識すること。

3 内容の取扱い

(5) 内容の(3)については、次のとおり取り扱うものとする。

エ アの(ア)の㊸については、電流が電子の流れに関係していることを扱うこと。また、真空放電と関連付けながら放射線の性質と利用にも触れること。

(9) 内容の(7)については、次のとおり取り扱うものとする。

ア アの(ア)の㊹については、熱の伝わり方、放射線にも触れること。また、「エネルギーの変換」については、その総量が保存されること及びエネルギーを利用する際の効率も扱うこと。

また、平成30年改訂の高等学校学習指導要領[5]には放射線についての記述として以下のようになっている。

第2 物理基礎

2 内容

(2) 様々な物理現象とエネルギーの利用

様々な物理現象についての観察、実験などを通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。

ア 様々な物理現象とエネルギーの利用を日常生活や社会と関連付けながら、次のことを理解するとともに、それらの観察、実験などに関する技能を身に付けること。

(エ) エネルギーとその利用

㊹ エネルギーとその利用

人類が利用可能な水力、化石燃料、原子力、太陽光などを源とするエネルギーの特性や利用などについて、物理学的な観点から理解すること。

3 内容の取扱い

(2) 内容の範囲や程度については、次の事項に配慮するものとする。

イ (エ)の㊹については、電気エネルギーへの変換を中心に扱うこと。「原子力」については、核分裂によってエネルギーが発生していることに触れること。関連して放射線の種類と性質、放射性物質の基本的な性質及び原子力の利用とその課題にも触れること。

以上の学習指導要領における記述をまとめると、

中学校学習指導要領

- 旧学習指導要領では放射線について学習する機会が『エネルギー資源』の单元だけである。
- 新学習指導要領では旧学習指導要領と同様に『エネルギーとエネルギー資源』で放射線について扱われているのに加えて、『静電気と電流』においても放射線を扱うように記述されている。

- 『静電気と電流』では、学習内容への配慮として「真空放電と関連付けながら放射線の性質と利用に触れること。」との記述がある。

高等学校学習指導要領

- 旧学習指導要領では『エネルギー資源』において放射線について扱われている記述がある。
- 『エネルギー資源』を学習する際の配慮として、「放射線及び原子力の利用とその安全性の問題に触れること。」という文言が記述されている。
- 新学習指導要領では『エネルギーとその利用』において放射線について扱われている記述がある。
- 『エネルギーとその利用』を学習する際の配慮として、核分裂や放射線及び放射性物質の性質などについて触れるように言及している。

以上より、中学高等学校どちらにおいても放射線についての学習範囲が広がっていることがわかった。このような学習指導要領の変遷からも現在の教育において放射線についての教育が重視されてきていることがわかる。

2.2 Geant4

Geant4 とは、素粒子、原子核、イオンなどの放射線や光子などが物質中を通過する際に生じる相互作用や過程をシミュレーションするソフトウェアパッケージである。Geant4 で使用されている言語は C++ であり、C++ はオブジェクト指向言語であることから Geant4 を構成するプログラムをすべてを理解しなくても必要な部分だけを書き換えるだけでシミュレーションの環境を設定できる利点があり、ATLAS 実験のシミュレーションにも用いられている。

本授業実践では KEK 計算科学センター研究機関講師の村上晃一氏が開発した、Python で Geant4 を動作させるインターフェースである Geant4Py を用いた。Geant4Py は Python-Geant4 ブリッジという Python から Geant4 にアクセスする機能を提供することで、Python による Geant4 クラスの利用を可能にしている。

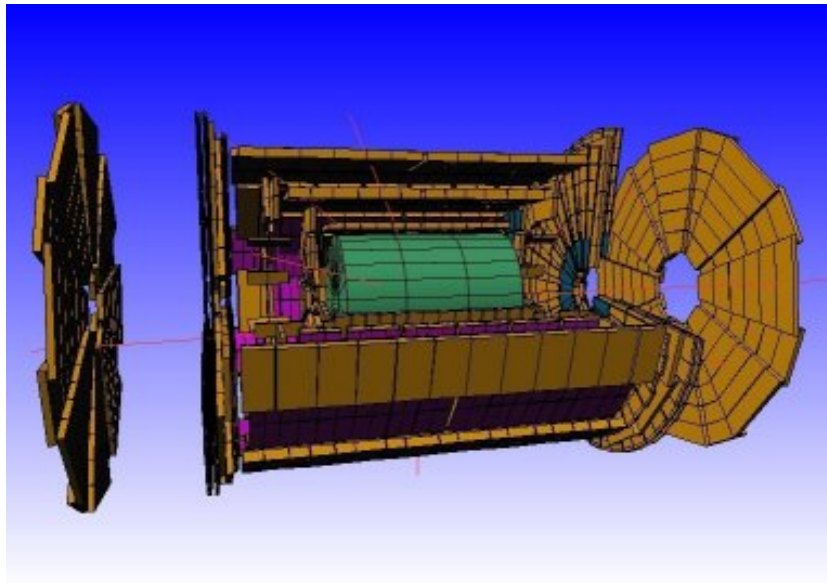


図 1: Geant4 の ATLAS 検出器への利用

2.3 α 線

α 線とは、ある種の放射性同位元素の原子核から出てくる α 粒子の流れであり、 α 粒子とは高い運動エネルギーを持つヘリウム 4 の原子核（陽子 2 個，中性子 2 個）のことである。ヘリウムの原子核ということから水素原子のほぼ 4 倍の質量とちょうど 2 倍の正電荷を帯びている。 α 粒子は電気を帯びていることや、速度が β 線（電子線）よりもかなり遅いことにより電離作用が著しく、物質中を進む際、すぐにエネルギーを失って止まってしまう。水や人体などでは 0.1mm しか進まず、透過力が弱いといえる。

2.4 β 線

β 線はある種の放射性同位体元素から放出される高速の電子である。電子であることから通常 $e \simeq 1.6 \times 10^{-19}$ クーロンの電荷を帯びているが、親のアイソトープの種類により陽電子を放出するものもある。また、 β 線は α 線より速度がずっと速く、光速度に近いため物質中を通過するとき電離作用によるエネルギー損失が少ない。そのため物質中でもかなりの透過力を示す。

2.5 γ 線

γ 線はある種の放射性同位体元素から放出される波長がおよそ 10pm よりも短い電磁波である。 α 線や β 線とは異なり、光の仲間であるので光速度で進む。このような非常に短い波長や光速度であるという点から透過力が非常に強い。透過力が非常に強いということは、直接には電離作用を起

こすことがほとんどないということである。しかし γ 線はいろいろな相互作用により、二次電子をたたき出すことで間接的に電離作用を引き起こしている。

γ 線は X 線と波長領域の一部が重なっているため、これらは発生過程により区別されることがある。 γ 線の発生過程は原子核内部のエネルギー順位の遷移によって発生するものであり、具体的には α 崩壊や β 崩壊後の原子核が、励起状態から基底状態に遷移する際に γ 線を放出する。また、X線は原子核内部での発生起源のものを指し、エネルギーだけで γ 線と X 線を区別することはできない。

2.6 制動 X 線（連続 X 線）

制動 X 線（連続 X 線）とは、高速で運動している電子が正電荷を持つ原子核とクーロン力による相互作用を起こすことで発生する、連続的なエネルギースペクトルを持った X 線のことである。高速で運動する原子が原子核付近を通過する際、クーロン力により電子の進行方向の変化すると同時に、電子の運動エネルギーが減少する。この時、減少した運動エネルギーを X 線として放出することで、入射電子の運動エネルギーを最大値とした X 線スペクトルが観測される。

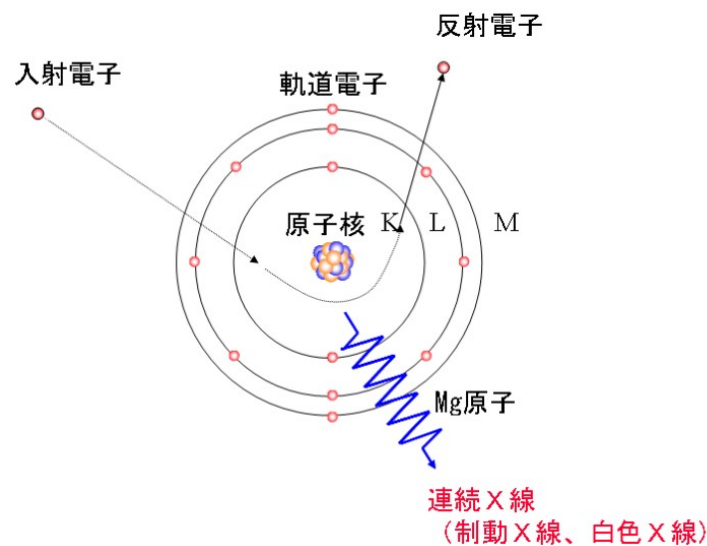


図 2: 制動 X 線の放出過程

2.7 クルックス管

クルックス管とは空気をわずかに残したガラス管内に 1 対の電極を入れ、数 kV 以上の高電圧をかけることで真空放電を発生させる装置である。真空放電により加速された電子はガラス管内の残留気体分子と衝突し、気体分子を構成する原子の軌道電子を励起させる。励起した電子が元のエネ

ルギー準位に戻る際、差分のエネルギーを光として放出することで真空放電による電子の流れを陰極線という形で視認することができる。このような特徴により教育現場でも用いられている装置である。

クルックス管による真空放電により発生した電子とガラス管などを構成する原子との相互作用により制動 X 線が発生し、X 線がクルックス管外部へ漏洩する。基礎物理学研究室 2018 年度卒業論文「クルックス管における放射線被ばくについての研究」(山中晴登)によると、クルックス管に約 15kV の電圧をかけた状態で電離箱式サーベイメータを用いた測定を行った結果、陰極付近において平均で $151.9 \mu \text{ Sv/h}$ という線量当量を計測している。[1] このようなクルックス管による放射線漏洩は以前から指摘されており、学校教育における被ばくとして教員への周知徹底が求められている。

今回の授業実践ではクルックス管からの放射線漏洩を題材にシミュレーションを用いた授業を行った。

3 Geant4 を用いた授業開発

3.1 授業の流れ

授業の流れとしては、放射線やクルックス管についての前提知識を伝え、次にクルックス管からの制動 X 線を鉛ガラスで防げるのか Geant4 を用いて実験条件を再現し、シミュレーションを実行した。シミュレーションの結果より、用意した鉛ガラスの厚さで制動 X 線を遮へいできるか確認してからクルックス管で電子線を観察した。

その後、物質の種類や厚さによって放射線を遮へいする能力にどのような違いがあるかを Geant4 を用いて調べる活動を行った。

3.2 Geant4 でのプログラム実行画面

Geant4 を実行すると、図 3 と図 4 のような画面が映し出される。

図 3 ではシミュレーションの条件を設定できる。"Start a run" でシミュレーションを実行し、"End all" でプログラム自体を終了させる。"Material" の項目ではラジオボタンで放射線を入射させる物質を設定できる。"Thickness(mm)" の項目では"Material" で設定した物質の厚さをスクロールバーで設定できる。

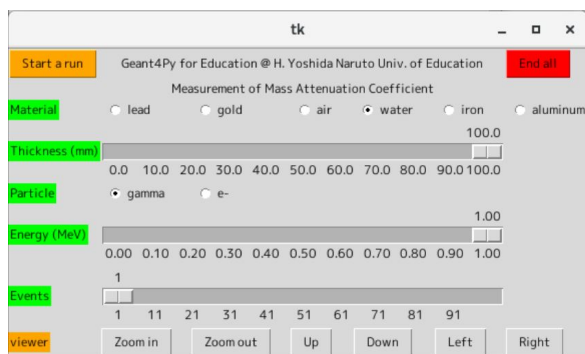


図 3: Geant4-tk

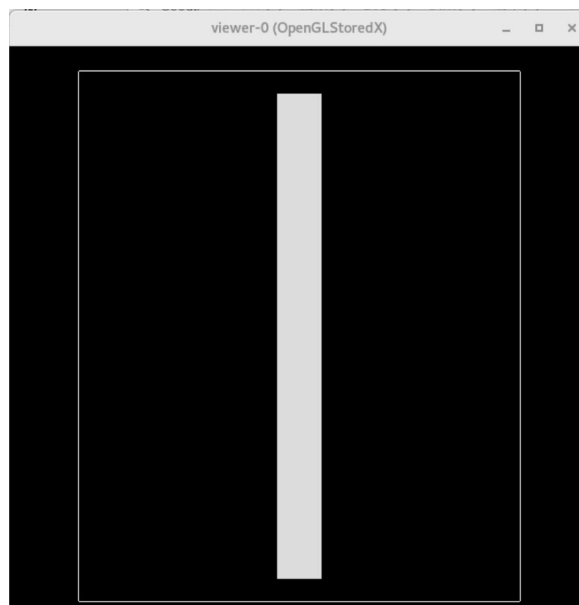


図 4: Geant4-viewer

4 授業実践とアンケート結果

平成31年2月20日の授業実践において、京都教育大学附属高校第1学年の男女8名にアンケート調査を行った。主な内容としては、放射線に対する意識調査や学習経験、シミュレーションを用いた授業への評価である。放射線についての意識や放射線学習については、実践を行った後にアンケートを実施すると回答が変化してしまう可能性があるため事前アンケートと事後アンケートを用意し、実践前と実践後に分けてアンケートを行った。

事前アンケートの問7と問8、事後アンケートの自由記述欄以外は質問に対して、1:そう思う、2:ややそう思う、3:どちらともいえない、4:ややそう思わない、5:そう思わない、の5段階評価での評価を行うとともに事後アンケート問6と問7では5段階評価に加えて、その評価理由の解答を自由記述で求めた。

4.1 事前アンケート結果：放射線についてのアンケート

放射線についての意識調査や学習経験について問うたアンケートの内容と集計結果を以下に記す。

- 問1 放射線について興味がある。(1:そう思う～6:そう思わない)
- 問2 放射線の種類や性質を説明できる。(1:そう思う～6:そう思わない)
- 問3 放射線について学習することは必要だ。(1:そう思う～6:そう思わない)
- 問4 放射線について学習することは難しいと思う。(1:そう思う～6:そう思わない)
- 問5 放射線は危険だと思う。(1:そう思う～6:そう思わない)
- 問6 放射線は医療や工業など、様々な分野で利用されていることを知っている。(1:そう思う～6:そう思わない)
- 問7 今まで放射線や放射能について塾や学校、科学センターなどで学習したことがある。(ある・ない)
- 問8 問7で「ある」と答えた方にお聞きします。放射線について学習した際、どのような教材を用いましたか。右の選択肢から選んでください。(教科書・資料集・新聞や雑誌・映像資料・実験・専門家のお話・話し合い・その他())

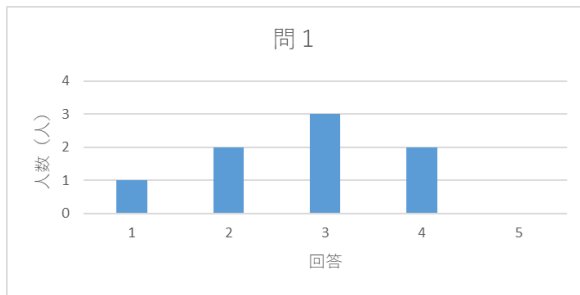


図 5: アンケート調査 1-1

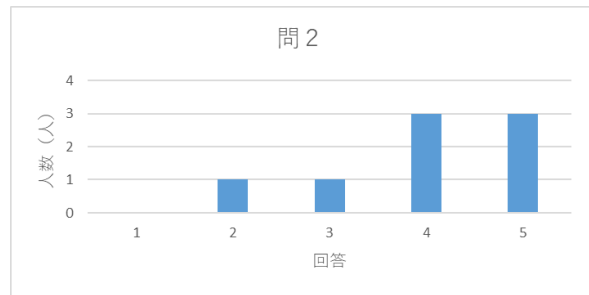


図 6: アンケート調査 1-2

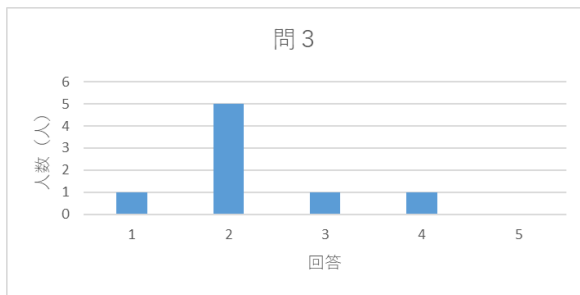


図 7: アンケート調査 1-3

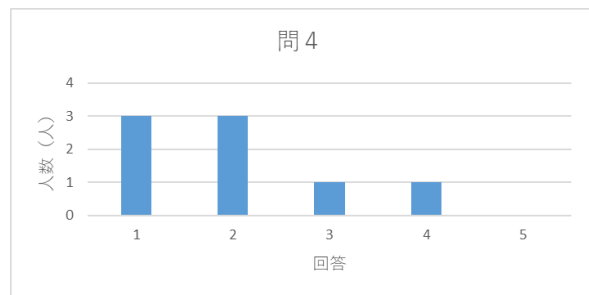


図 8: アンケート調査 1-4

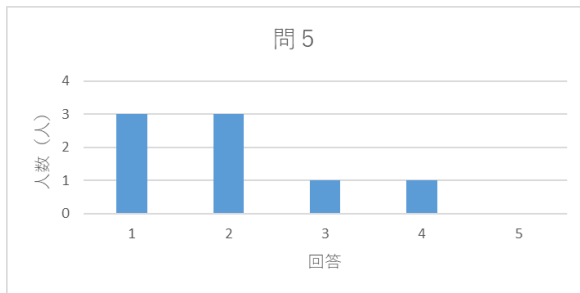


図 9: アンケート調査 1-5

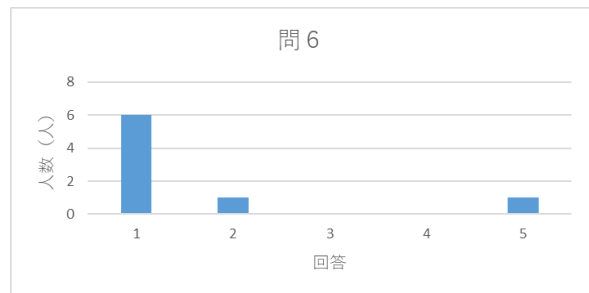


図 10: アンケート調査 1-6

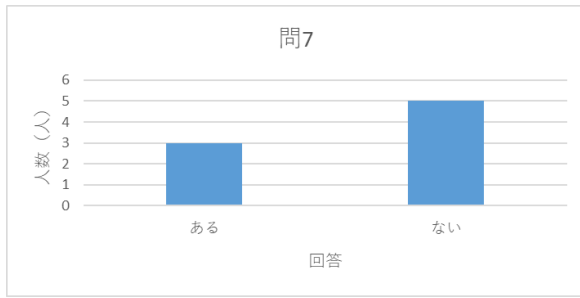


図 11: アンケート調査 1-7

回答	問 1	問 2	問 3	問 4	問 5	問 6
1	1	0	1	3	3	6
2	2	1	5	3	3	1
3	3	1	1	1	1	0
4	2	3	1	1	1	0
5	0	3	0	0	0	1
average	2.750	4.000	2.250	2.000	2.000	1.625

表 1: 事前アンケートに対する回答の分布

4.2 事前アンケート結果の考察

中学校で放射線についての学習が指導案上で明記されているとはいえ、放射線の種類や性質を理解して説明するためには、原子や電子、また光や波などの知識が必要であることから高校1年生の時点では放射線について説明することは難しいと予想していた。問2の結果を見ると、質問に対して否定的な回答が多くみられ、予想通りの結果となった。また問1の回答と問3の回答を比較すると、問1より問3の方が肯定的な回答の分布が見られる。これは放射線に対する興味以上に、放射線を学習する必要性を生徒が感じていると考えられる。問6の結果については想像以上に肯定的な回答が多かった。これは放射線が身近な存在であり、有用な使い方を知っている生徒が多いことを表している。問7と問8において放射線学習の有無とその時利用した教材について問うた結果より、放射線について学習したことがある生徒はいたものの、その時利用した学習形態や教材は「専門家の話」と「教科書」のみの回答となっており、放射線教育が実験などではなく口頭での指導によって行われていることがわかる。

4.3 事後アンケート結果：シミュレーションを用いた放射線学習についてのアンケート

授業実践の評価、並びにシミュレーションを用いた放射線学習について問うたアンケートの内容と集計結果を以下に記す。

- 問1 シミュレーションから放射線について興味を持つことができた。(1:そう思う～6:そう思わない)
- 問2 今回用いたシミュレーションの操作は簡単だと感じた。(1:そう思う～6:そう思わない)
- 問3 今回行ったシミュレーションで得た結果は信頼できるものだと思う。(1:そう思う～6:そう思わない)
- 問4 シミュレーションと実際の実験とのつながりを感じられた。(1:そう思う～6:そう思わない)
- 問5 シミュレーションを用いることで、安全に放射線の実験ができると思う。(1:そう思う～6:そう思わない)
- 問6 シミュレーションを用いることで、放射線についての理解が深まった。評価の理由と共に教えてください。(1:そう思う～6:そう思わない) + 自由記述欄
- 問7 シミュレーションを用いて放射線を学習することに利点を感じた。評価の理由と共に教えてください。(1:そう思う～6:そう思わない) + 自由記述欄
- 自由記述 本授業やシミュレーションについての感想がございましたら記入してください。(自由記述欄)

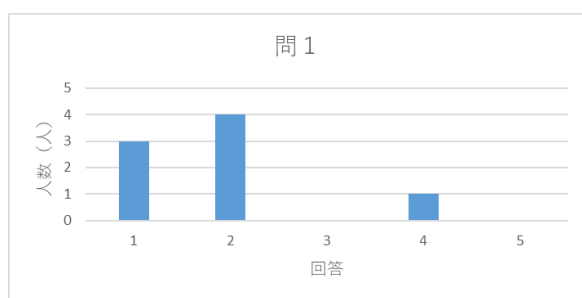


図 12: アンケート調査 2-1

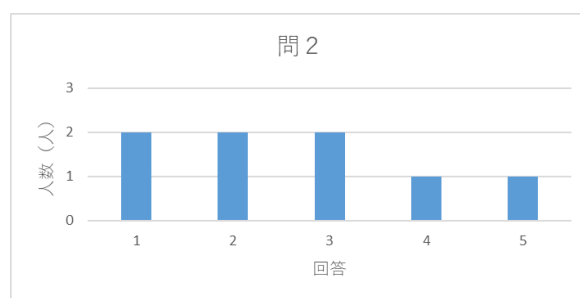


図 13: アンケート調査 2-2

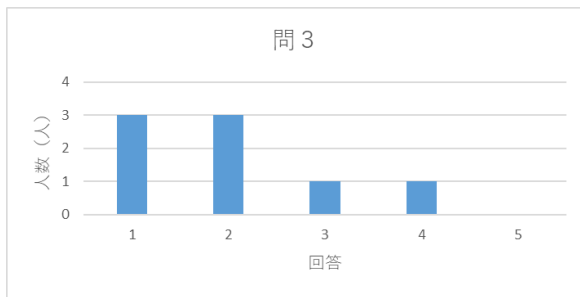


図 14: アンケート調査 2-3

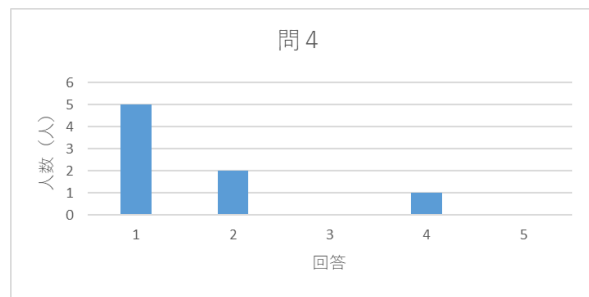


図 15: アンケート調査 2-4

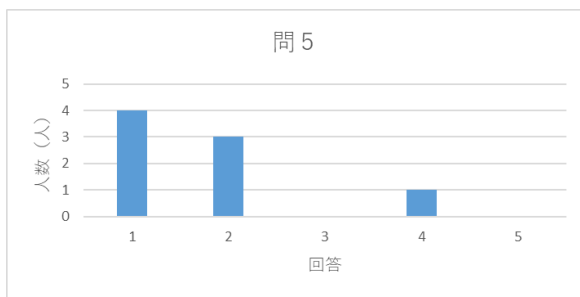


図 16: アンケート調査 2-5

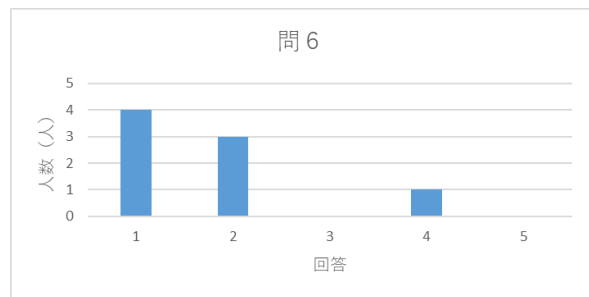


図 17: アンケート調査 2-6

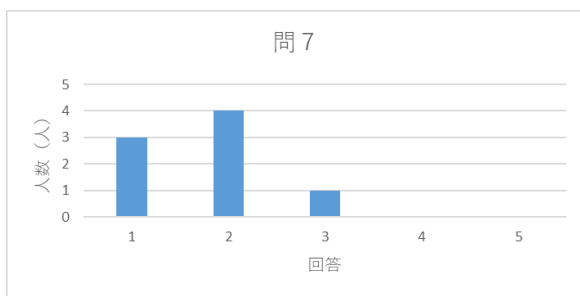


図 18: アンケート調査 2-7

以下記述式の回答について記す。

- 問 6 の理由
 - － 放射線の動きがわかったから。
 - － シミュレーションの方が見やすくわかりやすい。
 - － シミュレーションのプログラムがどのようなものか分からない。でも、信頼はできると思う。放射線が反射したり透過したりして面白かった。
 - － どの物質でどれほど厚みがあれば防ぐことができるのかそれを知って理解が深まった。

- 条件を容易に変えることが出来，対照実験をたくさんこなせたから。
 - 目に見えないものを目に見えるようにしていたから。
 - コンピュータで計算されたものは手軽に結果を知れておもしろかった。
 - 種類などによって違いを知ることができたから。
- 問7の理由
 - 安全にできるから。
 - 時間が短縮できるだけでなく見やすく，わかりやすい。
 - 放射線がどのような物質には通るかなど知ること安全面に気をつけることができる。放射線の理解が多少深まる。
 - 実際にやることはむずかしかったいするので，シミュレーションであれ見れるということ面白い。
 - 6で述べたように条件を変えやすいから。時間も手間もあまりかからないから。
 - 実生活でも活用されているから。
 - 体に対して害など色々な効果があるかもしれないので学習することに意味はあると思う。
 - 放射線は危険だと思うのでシミュレーションがあることで，安全になると思うから。
 - 自由記述欄
 - 私たちがわかる範囲での説明も多く，むずかしかったけどわかりました。ありがとうございました。
 - すごいわかりやすかったです。
 - 実際に実験を見れてよかった。
 - 実際に実験をするよりもパソコンでのシミュレーションが多かった。

回答	問1	問2	問3	問4	問5	問6	問7
1	3	2	3	5	4	4	3
2	4	2	3	2	3	3	4
3	0	2	1	0	0	0	1
4	1	1	1	1	1	1	0
5	0	1	0	0	0	0	0
average	1.875	2.625	2.000	1.625	1.750	1.750	1.750

表 2: 事後アンケートに対する回答の分布

4.4 事後アンケート結果の考察

問1では多くの生徒が肯定的な回答をしていた。また、問6の記述欄にも「見やすくわかりやすい」、「目に見えないものを見えるようにしていた」という意見があり、視覚的に放射線の軌跡を描画することで放射線についての興味を湧かせることができたのではないかと考える。表2の各回答の平均を見ると、問4で非常に肯定的な回答が多かったことがわかる。また、問6や問7の記述欄にも「安全にできるから。」、「シミュレーションがあることで、安全になると思うから。」などの安全についての評価が多い。これらから生徒が安心して放射線を学習できるとともに、実際の実験とのつながりを意識できるという点で、シミュレーションを用いた放射線学習は有用であると考えられる。だが、自由記述欄に、「実際の実験をするよりもパソコンでのシミュレーションが多かった。」という意見もあり、実際の実験とシミュレーションの時間的なバランスも配慮する必要があると考える。

5 結論

アンケート調査の考察から，Geant4 の教育的利用についての有用性や課題をここに記す。

Geant4 のような複雑に Python パッケージが組み込まれているソフトウェアは，記述言語に精通していないとプログラムの理解が困難なことから，ブラックボックス化してしまい動作の信頼性を証明することが難しい。だが，Geant4 を用いた授業実践において，考察にも示した通り安全性や実際の実験とのつながりを意識させることができたことは，Geant4 を用いることの有用性を示せたと考える。

Geant4 はあくまでシミュレーションであり，実際の実験と結びつけることが必須である。また，実際の実験と結び付けるとしてもシミュレーションがメインになってしまうことは避ける必要があると考える。

6 付録

6.1 授業前に実施したアンケート用紙

放射線についてのアンケート

京都教育大学 理科教育専修
基礎物理学研究室 M1 村田大樹

私はシミュレーションを用いた放射線学習を研究しております。それにつきまして、皆様の放射線に対する意識や、今回行うシミュレーションを用いた放射線授業の感想などを参考にしたいと思います。

アンケート結果はすべて統計的に処理いたしますので個人が特定されるということはありません。ご協力よろしくお願いします。

Q. 各設問に対し、最も当てはまるものに○をつけてください。

1: そう思う 2: ややそう思う 3: どちらともいえない 4: ややそう思わない 5: そう思わない

問	質問内容	評価				
		1	2	3	4	5
1	放射線について興味がある。	1	2	3	4	5
2	放射線の種類や性質を説明できる。	1	2	3	4	5
3	放射線について学習することは必要だ。	1	2	3	4	5
4	放射線について学習することは難しいと思う。	1	2	3	4	5
5	放射線は危険だと思う。	1	2	3	4	5
6	放射線は医療や工業など、様々な分野で利用されていることを知っている。	1	2	3	4	5
7	今まで放射線や放射能について塾や学校、科学センターなどで学習したことがある。	ある ・ ない				
8	問7で「ある」と答えた方にお聞きします。放射線について学習した際、どのような教材を用いましたか。右の選択肢から選んでください。	教科書 資料集 新聞や雑誌 映像資料 実験 専門家の話 話し合い その他 ()				

以上で意識調査アンケートは終わりです。ご協力ありがとうございました。

6.2 授業後に実施したアンケート用紙

シミュレーションを用いた放射線学習についてのアンケート

京都教育大学 理科教育専修
基礎物理学研究室 M1 村田大樹

アンケート結果はすべて統計的に処理いたしますので個人が特定されるということはありません。

Q. 各設問に対し、最も当てはまるものに○をつけてください。

1: そう思う 2: ややそう思う 3: どちらともいえない 4: ややそう思わない 5: そう思わない

問	質問内容	評価				
		1	2	3	4	5
1	シミュレーションから放射線について興味を持つことができた。	1	2	3	4	5
2	今回用いたシミュレーションの操作は簡単だと感じた。	1	2	3	4	5
3	今回行ったシミュレーションで得た結果は信頼できるものだと思う。	1	2	3	4	5
4	シミュレーションと実際の実験とのつながりを感じられた。	1	2	3	4	5
5	シミュレーションを用いることで、安全に放射線の実験ができると思う。	1	2	3	4	5
6	シミュレーションを用いることで、放射線についての理解が深まった。評価の理由と共に教えてください。 理由：	1	2	3	4	5
7	シミュレーションを用いて放射線を学習することに利点を感じた。評価の理由と共に教えてください。 理由：	1	2	3	4	5

本授業やシミュレーションについての感想がございましたら記入してください。

以上でシミュレーションを用いた放射線学習についてのアンケートは終わりです。
ご協力ありがとうございました。

7 謝辞

本論文を執筆するにあたって、Geant4 についてご指導いただきました指導教員である高嶋教授には大変感謝しております。また、そのほかにも実践準備や高大連携授業での実践を許可して頂きました。ありがとうございました。

附属高校の皆さんには授業実践を受けていただき、さらにはアンケートにもご協力いただきまして大変ありがとうございました。皆様のおかげで貴重なデータを得ることができました。

最後にアンケートについてアドバイスを頂きました山下将暉先輩や、基礎物理学研究室の皆さまには大変感謝しております。ありがとうございました。

参考文献

- [1] 山中 晴登, クルックス管における放射線被ばくについての研究 2018 年度基礎物理学研究室
卒業論文
- [2] 文部科学省, 中学校学習指導要領解説 理科編 平成 20 年 7 月
- [3] 文部科学省, 中学校学習指導要領 (平成 29 年告示) 解説 理科編 平成 29 年 7 月
- [4] 文部科学省, 高等学校学習指導要領解説 理科編 平成 21 年 7 月
- [5] 文部科学省, 高等学校学習指導要領 (平成 30 年告示) 解説 理科編 理数編 平成 30 年 7 月