

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 10 日現在

機関番号：56203

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：23700963

研究課題名（和文） AR 技術を活用したインタラクティブな量子線教育ツール

研究課題名（英文） Interactive education tool to support comprehension of quantum interaction by use of augmented reality technology

研究代表者

天造 秀樹（TENZOU HIDEKI）

香川高等専門学校・電子システム工学科・講師

研究者番号：90353333

研究成果の概要（和文）：実物の放射線遮へい材を手に持ち、その遮へい固体材料内での電磁カスケードの発達の様子を、拡張現実技術（AR）を用いることで可視化するシステムを開発した。EGS4 により計算された 3 次元の電磁カスケードデータはほぼリアルタイムに USB カメラから取得した画像上に直線上の CG として上書きして描かれる。学習者は実物の放射線遮へい材でできたブロックを手に持ちながら電磁カスケードを任意の角度から観察することができる。このシステムは科学体験イベント等に利用し、実演してきた。その結果、アンケートから 90% の人が電磁カスケードを初めて見聞きした答え、また密度や重さ、そして入射エネルギーの違いにより、カスケードの発達が大きく異なることを理解するのにこのシステムは適しているという回答があった。しかしながら、子供たちの中にはガンマ線の入射方向がわかりづらいと感じていると数名のティーチングアシスタントから指摘を受けた。そこで、新機能として電磁カスケードの時間発展を描画する機能を追加した。これによりこのシステムは小中学生に対する放射線防護の指導教育ツールとして最適でかつ効果的となるように改良することができた。

研究成果の概要（英文）：A tangible augmented reality (AR) system was developed to visualize electromagnetic cascades through solid materials. 3-D cascade images calculated by the EGS4 simulation software are overlaid on a USB camera image almost in real time. Learners can observe electromagnetic cascades while handling blocks of real shielding materials. This system was demonstrated at a public science event. By way of a questionnaire survey, it appeared that it was the first time to hear about electromagnetic cascades for about the 90% of the child participants and that they felt the system made it easy for them to understand how cascades change with differences in both density of shielding materials and incident energies. Some teaching assistants, however, stated that some children had difficulty understanding the incident direction of photons. A new function called time evolution was added to show growing electromagnetic cascades. This system was improved to be suitable and effective tools for primary school educators to promote the radiation awareness by addition of the time-evolution function.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育

キーワード：放射線遮へい、教育ツール、拡張現実技術

1. 研究開始当初の背景

| 拡張現実感（Augmented Reality: AR）技

術の普及と発展が急速に進み、多くの研究発表がなされている。特に近年は、要素技術ばかりでなく、応用システムやアプリケーションに関する研究・開発も多く見られるようになってきた。例えば、Chien-Huan Chien らの研究のように人体の骨格モデルを AR で再現する試みを実施しており、AR は学習ツールとして実用的に利用されつつある。本研究ではこれを放射線を理解するための科学実験に関する新しい学習ツールとして応用する。今年度から具体的な教材づくりのための簡易デモを開発して各分野の研究者からの知見を得る作業を開始した。

2. 研究の目的

本研究の目的は、放射線シミュレーションソフトウェアに拡張現実感 (AR) 技術による新しい表現手法を導入し、学習者の試行を重視した体験・問題解決型の安価な放射線を理解するための科学実験に関する革新的な学習教材ツールを開発することである。学習者は各種の実物の材料を手に取り、材料の重さや大きさを感じながらその内部で起こっている量子線の反応を実物のブロックを手で操作することで観察できるようになる。それゆえ従来では困難であった条件を変えて放射線に関する実験を行うといったことが直観的な操作で可能になるため、条件を変えて何度もトライするという実験における醍醐味を味わうことが可能となるため、科学的な探究心を深める自学自習に最適なインタラクティブな学習教材ツールとなりえる。

3. 研究の方法

電子は媒質中で容易に散乱し、複雑な飛跡を描く。そのため、AR で描画するとき大きな負荷となり、フレームレートの低下を招く。そこで、解像度と運動方向ベクトルの関係から飛跡情報の圧縮を図り、GLUT による飛跡描画負担を軽減するアルゴリズムを開発した。加えて、学習者の興味を集計する機能、飛跡圧縮のために量子線に対するカットオフ・エネルギーを決定した。タイムラグやフレームレート低下せず、学習者が最適な描画速度を提供できるようにターゲット材料と入射量子線の種類、エネルギーと画面解像度からカットオフエネルギーを設定できるようにした。あまた、量子線がカスケード散乱により、飛跡を形成していくことを時間経過とともに観察することは散乱の直感的理解に重要である。しかしながら、EGS4 は粒子の運動時間順に計算していない。そこで、EGS4 の計算値から粒子の反応時間を取得し、カスケードの時間発展機能を本ソフトウェアに実装した。この機能により、学習者は経過時間

とともに粒子のカスケード散乱の発展を観察できるようになった。

開発したデモ用のツールを用いて、理科学体験イベントを実施したり、異分野の放射線研究者からの意見を収集したりした。具体的には平成 23 年度 11 月に福岡で実施される「サイエンスマンス福岡」において理科学体験イベントを実施した。約 200 人の子どもが参加し、本ソフトウェアの課題等を抽出することに成功した。

開発と並行して科学体験イベントにおける学習者や医療など他分野にわたる放射線研究者らからの意見を収集しながら開発を適宜進めていった。重粒子線治療等での技術説明などに用いることができることがわかった。

科学体験イベントにおけるアンケート結果から、入射方向がわかりにくいといった指摘を受けた。そこで、入射方向が判別できるように仮想放射線源を製作し、またカスケードの時間発展を加えることにより学習者が直感的に操作しやすいユーザーインターフェースへと改良・拡充を行った。また、マルチタッチの Windows8 にも対応しており、タッチパネルで画面を拡大、縮小するインターフェースを容易に実装することができた。開発時にはカスケードを計算する際の EGS4 の乱数シード (指定イベントシード) を設定することで、観察したいカスケード事象を表示することとした。学習者はこれにより、多くの対象とする物理現象を観察する際に、カスケード散乱したほかの粒子の飛跡で隠れて見えない量子線の飛跡を観察できるようになった。

4. 研究成果

開発したシステムの概要を図 1 に示す。必要な機器は汎用的な USB カメラ、モニターと PC、プリンターで印字されたマーカである。マーカを実ブロック上に張り付け、その画像を USB カメラがとらえると自動的にそのブロックの位置と向きを取得できる。その座標上に 3 次元 CG で表現された「内部透過ボックス」を上書きし、量視線の飛跡を 3D 線オブジェクトで描画することによりカスケードを可視化することができるようになった。Windows XP (32bit, 64bit) 以上で 640px×480px の画面サイズに対して 20fps を目標値としてソフトウェアを開発した。遮へい材として断面が同じ面積で密度が大きく異なる 3 種類のブロックを選択した。表 1 に材質と密度、形状を示す。鉛ブロックの質量を考え、子どもでも持てるように鉛ブロックの長さは他のブロックの約半分のものを用いた。

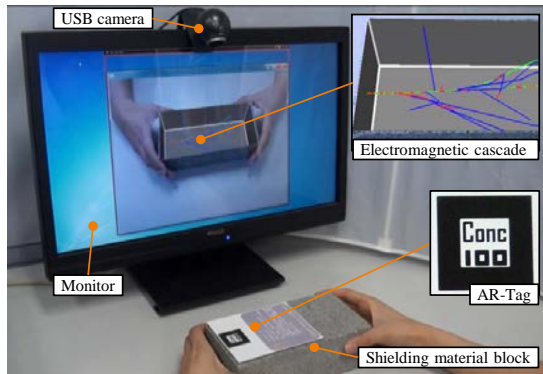


図1 システムの構成

表1 3種類遮へい材ブロック

Material	Density [g/cm ³]	Weight [g]	Size of Block [cm]		
			Width	Height	Depth
Formed Polystyrene	0.03	38	9.9	5.9	20.8
Typical Concrete	1.90	2403	9.8	6.2	20.8
Elemental Lead	11.44	5720	10.0	5.0	10.0

10MeV の光子をこの3種類のブロックに入射したときのカスケードの様子を図1に示す発泡スチロールは反応せず、通過しており、コンクリートは対生成を起こしさらに対消滅により2本の消滅ガンマ線となり、ブロックから飛び出している様子が観察できる。

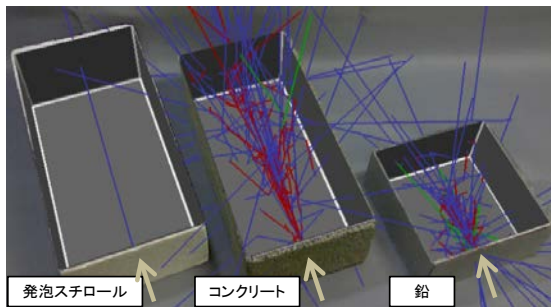


図2 発泡スチロール、コンクリート、鉛の3種類の遮へい材について比較

図3はコンクリートに1MeV、10MeV、100MeVの光子をそれぞれ10発ずつ入射した際の結果である。図3-(a)に示す通り、1MeVでは遮へい材内で粒子の輸送が止まっている様子を学習者に見せることができ、また、図3(b), (c)に示す通り10MeV、100MeVと入射エネルギーが高くなるにつれ、生成粒子が増加

し、加えて対生成により生じる陽電子の個数が増えることが観察できる。異なる3種類の入射エネルギーでの粒子の輸送を観察することで入射エネルギーの増加に伴い、カスケード散乱により粒子数が増えていることを学習できる。

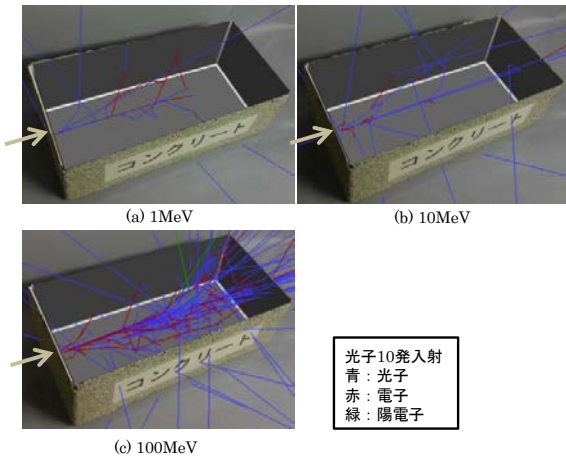


図3 コンクリートに1, 10, 100MeVの光子を入射

ARToolKit ライブラリを用いて、遮へい材内部での放射線の散乱の様子をリアルタイムに描画できることを確認した。輸送データには電磁カスケードモンテカルロ計算コード EGS4 で計算されたシミュレーション結果を用いた。従来のシミュレーションのみの表現とは異なり、ARによる新しい表現手法を導入することで遮へい材の重さや大きさなどを体感しながら可視化された粒子の輸送を観察できるツールとなった。また、本ツールは三の法則を適用し、異なる3種類の入射エネルギーや密度の異なる遮へい材内での粒子の輸送を比較しながら観察することで、学習者は短時間に試行を繰り返しながら放射線の遮へいについて学習できる。また本ツールは汎用的なUSBカメラとPC、遮へい材、印刷したマーカのみあれば良いことから、教育ツールとして有効性があると考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計2件)

- ① Ayako Yano, Hiroyuki Ikegami, Kayo Mouri, Chisato Mouri, Shougo Yamashita and Hideki Tenzou, A Tangible Augmented Reality System to Support Comprehension of Radiation Shielding, Progress in Nuclear Science and Technology、査読有、2013年度出版予定

- ② Ayako Yano, Kayo Mouri, Hiroyuki Ikegami, Hideki Tenzou, Chisato Mouri, An Interactive Augmented Reality System to Support Comprehension of Physical Phenomena、査読無、1st International Symposium on Technology for Sustainability APS-004, p34-p37

[その他]

ホームページ等

<http://electron.es.kagawa-nct.ac.jp/mp/tlab/ResearchActivities/ResearchTopics/EducationalMaterialforRadiationShielding.aspx>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

天造秀樹 (TENZOU HIDEKI)

香川高等専門学校・電子システム工学科・
講師

研究者番号：90353333