

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 8 月 25 日現在

機関番号：56203

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K01007

研究課題名(和文) 模擬サーベイメータを用いた放射線遮蔽教育ツールの開発とその教育効果の評価

研究課題名(英文) An Educational Tool to Simulate gamma-rays Intensity Distribution around Blocks

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・准教授

研究者番号：90353333

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、画像処理技術と遮蔽効果を考慮した点減衰近似式を用いることで放射線の遮蔽計算の時間の短縮を行うことで、学習者が集中力を損なうことなく放射線の遮蔽方法を学習できる、放射線遮蔽教育教材の開発を目的とした。

本教材は、模擬放射線検出器、仮想放射線源、複数の放射線遮蔽教材で構成される。本教材を用いることにより、学習者は模擬放射線検出器を用いて放射線の遮蔽方法を学習できるため、放射線の遮蔽方法、放射線検出器を用いた放射線の測定方法を学習できると考えられる。また、マイコンを用いて仮想放射線源を作成することで、より直感的に理解できる教材への改良を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

放射線源を必要とせず、模擬サーベイメータを使って、実物の遮蔽ブロックを任意の位置に配置したり、その周辺をサーベイしたりする動作により試行しながら放射線遮蔽を直感的に学習できることが独創的な点である。

本教育ツールは、実物の放射線源を用いることなく、放射線検出器の使用方法を実際の使用環境に近い形で学習することが可能である。そのため、高価な実験器具を準備したり、線源の管理をする必要がなくなったりすることで、小中学校の教員にとって扱いやすい放射線遮蔽教育手法を提案できるようになった。

研究成果の概要(英文)：The purpose of our study was to develop an educational tool for radiation shielding by using a mock survey meter. The tool was supposed to learn radiation shielding by concrete blocks and lead plates with no real sources of gamma-rays. The learner may be able to confirm the shielding effects for any shielding materials and energy of radiation source on the setting stage by oneself. The each position of the source, the detector, and shielding material are recognized by image processing and the scattering or absorption of the gamma-rays in shielding material was calculated approximately by a point source attenuation formula. As the result, it was demonstrated that the learner can watch the count rate on the monitor of the detector and listen to the alarm sounds around the shielding materials on the stage in real time without manipulating real sources.

研究分野：教育工学

キーワード：放射線教育

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、学習指導要領に放射線教育が導入されたことで小中学校での放射線防護に関する実験の重要度が増してきている。しかし、小中学校では、サーベイメータ やガイガーカウンター、放射線源やその鉛格納容器を購入することは現実的ではない。また、教員の中には放射線源の管理や取扱いに苦手な意識を持つ教員も少なくない。一方で、放射線防護教育の観点から逆二乗則や高密度物体による遮蔽を指導する実験を体験することは不可欠なものでもある。

本研究室では 2012 年度より放射線防護教育の観点から放射線遮へいの仕組みを直感的に理解してもらえる教育ツールを開発してきた。その一例を図 2 に示す。本教育ツールは本物の鉛やコンクリートなどの遮へい材を手を持ち、拡張現実感 (AR) 技術を用いて遮へい体の中の線の散乱・吸収の様子を任意の角度からリアルタイムに観察できるというものである。図 3 に AR 技術を用いて実画像のブロック中で飛跡を画像合成した結果を示す。本物の遮へい体の重さや大きさなどを実感しながら遮へい教育することをコンセプトにしている。学習者は最も遮へい効果が高くなるように手で自由に材質の異なるブロックを配置し、モンテカルロシミュレーションにより散乱を計算する。

しかしながら、既存のシステムは本質的に次のような 2 つの欠点を持つ。放射線の飛跡をモンテカルロ計算するには模擬サーベイメータ の位置や模擬線源、遮蔽ブロックの配置を変える毎に、数分必要なため、使用者が継続的に学習を行う上で集中力を低下させ、実験の試行性を大きく失ってしまう原因となっていた。加えて、遮へい材の位置と材質の情報は遮へい材に取り付けられた AR マーカの画像認識技術によって取得されているため、周囲の光源の強度や光源位置による光の反射等の影響が大きく、科学体験イベントのような会場では誤認識の原因となっていた。

従来の本研究室の放射線教育教材の 2 つの本質的な課題を解決するために、本研究では、システムの発想を大きく変更することとした。モンテカルロ計算による計算を行わず、近似計算を用いてステージ上の線量分布をリアルタイムに計算し、模擬サーベイメータ にステージ上の任意の位置での線量情報を表示させる。材質の異なる複数の遮蔽ブロックの各位置を求めるのに、AR マーカを使わず、画像処理で遮蔽ブロックの映像を 2 値化し、遮蔽材や模擬サーベイメータ の「形状」で材質とブロックの位置を求めることとした。このようにすることで、模擬サーベイメータ をステージ上の任意の位置に移動させたり、また遮蔽材を移動させたりしてもリアルタイムに周囲のフィールドをリアルタイムに計算することができるようになった点に本研究の新規性がある。

2. 研究の目的

本研究では、放射線源と放射線検出器の実物を使わずに試行性のある放射線遮蔽実験を可能にする実験ツールを開発し、その教育効果を評価することを目的とした。

3. 研究の方法

PC 内の専用プログラムと模擬放射線源、模擬サーベイメータ は、無線接続されている。指導者は作業台上に模擬放射線源を設置する。その際に、エネルギー設定ダイヤルと線種設定スイッチを用いて放射線の種類及びエネルギーを決定する。学習者は、模擬放射線源の位置、エネルギー、線種を考慮しながら、遮へい材を自分の手で持って自由に配置して放射線の遮へいを行う。この際、指導者の立場としては、使用者の立ち位置などターゲットとなる方向を指定し、その方向への放射線を遮へいするように指示を行う。これにより、使用者は明確な意思を持って遮へいに取り組むことができる。遮へい材を配置後、模擬サーベイメータ の操作スイッチを操作し、専用プログラム内の空間線量計算アルゴリズムを起動する。専用プログラムでは線源情報と、作業台上に配置された仮想放射線源、遮へい材、仮想放射線検出器の位置情報を基に、空間線量計算が行われる。使用者は自由に模擬サーベイメータ を動かして空間線量の分布を確認する。この際、実物のサーベイメータ と同様に動作し、空間線量の高低は模擬サーベイメータ に取り付けられた表示器で確認できるほか、クリック音の頻度でも確認できる。空間線量は、多少のふらつきを乱数によりもたせ、時定数の設定も可能とする。

初年度は研究協力学生に協力してもらい、空間線量を計算するプログラムソフトと模擬放射線源や模擬サーベイメータ のハードウェアを同時に開発する。各学生はそれぞれの技術内容においてすでに 2 年以上のハードウェア、ソフトウェアに関する開発経験を有しており、完遂する能力を持つ。教材として資するようになるために科学体験イベント等で収集した操作ログやアンケート調査結果を基に改良と教材評価を行った。本研究で最も重要な点は近似計算モデルの検証である。本研究でサーベイメータ を操作してステージ上の線量分布を疑似計測した感覚が類似していれば、問題ないという条件のもとで誤差を許容し、むしろリアルタイム性を追求することにした。

2 年目は模擬放射線源と模擬サーベイメータ の制御や無線通信機能は Arduino を用いて実装を行った。模擬検出部の位置情報を基に専用プログラム側で算出した、サーベイメータ で設定した時定数に応じて乱数で自然な統計的振れ幅を持たせ、アナログメーターの針に微妙な動きを持たせたり、クリック音の頻度にも揺れを持たせたりすることで検出器を実際に操作しているような感覚を与えるようにした。

3年目は媒質中の見かけの長さの合計を画像認識技術を使って取得することでステージ上の任意の点の線量を代数計算のみにより、高速に計算することができるのである。この計算をステージ上をメッシュ状に区切った各グリッドに対して行えば、モンテカルロシミュレーションソフトで多くの計算イベントを発生させて計算を行わずに高速に2次元分布の近似値を得ることができるようにした。

4. 研究成果

光源の位置や強度に大幅に影響を受けないか、サーベイするときに近似計算リアルタイムに実行できることを試作することで示せた。同一体系でモンテカルロシミュレーションコードPHITSと本研究で用いる近似計算とで相違点を比較した。ただし、本研究でサーベイメータを操作してステージ上の線量分布を疑似計測した感覚が類似していれば、問題ないという条件のもとで誤差を許容し、むしろリアルタイム性を追求することにした。科学体験イベント等で本ツールを使用して、アンケートを収集した。3年間でのべ600名程度から教育効果に関するアンケートデータを取得し、改良を加えていくことでこれらのデータをもとに仮想サーベイメータの操作による誤解の可能性や科学知識として理解が正確にできているかを検証することにより教育ツールとしての教育効果を明らかにしていった。

本教材は、模擬放射線検出器、仮想放射線源、複数の放射線遮蔽教材で構成される。本教材を用いることにより、学習者は模擬放射線検出器を用いて放射線の遮蔽方法を学習できるため、放射線の遮蔽方法、放射線検出器を用いた放射線の測定方法を学習できると考えられる。また、マイコンを用いて仮想放射線源を作成することで、より直感的に理解できる教材への改良を行った。

放射線源を必要とせず、模擬サーベイメータを使って、実物の遮蔽ブロックを任意の位置に配置したり、その周辺をサーベイしたりする動作により試行しながら放射線遮蔽を直感的に学習できることが独創的な点である。本研究で疑似計測の操作感覚に問題ないことが実証できれば、本教育ツールは、実物の放射線源を用いることなく、放射線検出器の使用方法を実際の使用環境に近い形で学習することが可能である。そのため、高価な実験器具を準備したり、線源の管理をする必要がなくなったりすることで、小中学校の教員にとって扱いやすい放射線遮蔽教育手法を提案できるようになったと考えている。

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1 . 発表者名 Yusuke Kunimi, Hidei Tenzou, Kai Yokoyama, and Ayumi Nagoshi
2 . 発表標題 An Educational Tool to Simulate γ -rays Intensity Distribution around Blocks
3 . 学会等名 2018 ANS Winter Meeting and Nuclear Technology Expo(ANS Winter Meeting2018) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Y. Kunimi, H. Tenzou, A. Nagoshi, K. Yokoyama, T. Miyatake, S. Tokutake
2 . 発表標題 Development of an Educational Tool for Radiation Shielding by Using a Mock Survey Meter
3 . 学会等名 2018 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference together with the Symposium on Room-Temperature Semiconductor X-Ray and Gamma-Ray Detectors (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 國見友亮, 横山開, 名越安優未, 天造秀樹, 徳武詩穂, 福田 清人
2 . 発表標題 模擬放射線検出器を用いた放射線遮蔽教育教材の開発
3 . 学会等名 日本原子力学会九州支部第37回研究発表講演会 日本原子力学会九州支部第37回研究発表講演会
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 國見友亮, 春日貴章, 天造秀樹, 横山開, 名越安優未
2 . 発表標題 仮想放射線源を用いた放射線遮蔽教材の開発
3 . 学会等名 国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構PHITS研究会
4 . 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----