



## 放射線防護教育への ICT 活用事例の紹介



藤淵 俊王

### 1. 放射線防護と情報通信技術

情報通信技術（ICT: information and communication technology）はスマートフォン、タブレット端末の普及や 5G といった通信技術の発達に伴い、様々な分野で利活用が進んでいる。近年、デジタルトランスフォーメーション（DX: digital transformation）の活用ということがトピックスとなっている。DX は、「情報技術の浸透が人々の生活をあらゆる面でより良い方向に変化させること」と定義され、単なる ICT 化、デジタル化とは異なり、デジタル技術による経営や業務等の革新的なイノベーションを意味するものと捉えられている。

様々な業界や企業において DX の推進が行われる中、5G や IoT（Internet of Things）、人工知能等の技術と共に、仮想現実（VR: virtual reality）や拡張現実（AR: augmented reality）、複合現実（MR: mixed reality）技術が注目されている。

VR は専用のヘッドマウントディスプレイやスマートフォン用 VR ゴグルを装着し、コンピュータグラフィックス（CG: computer graphics）や 360 度映像等で構築された仮想空間を体験できる技術、AR はスマートフォン等を用い、カメラで撮影している実際の風景に CG や文字等の情報を重ねて表示することができる技術、MR は専用のグラス等を装着し、グラス越しに見える現実空間に CG や文字等の情報を重ねて表示することができる技術である。これらの技術を総称し、クロスリアリティ（Cross Reality, XR）という言葉が使われている。

XR は教育現場でも活用されており、その利点として、1. リアリティのある学びの機会を、場所を問わず提供、2. インタラクティブな学習が可能、3. 危険な行為を安全にトレーニング実施可能、4. 現場の疑似体験により理解を深める、ということが挙げられる<sup>1,2)</sup>。

### 2. 可視化技術を用いた放射線防護教育と教材

放射線はその特性を活かし様々な分野で有効に活用されている一方、国際放射線防護委員会（ICRP: International Commission on Radiological Protection）は Publication 113<sup>3)</sup> において、interventional radiology（IVR）における放射線防護教育と訓練の重要性を、Publication 117<sup>4)</sup> では、X 線透視ガイド下手技における放射線防護について勧告している。また、2012 年に眼の水晶体のしきい線量及び等価線量限度の引下げの勧告が出され<sup>5)</sup>、2021 年には国内法令に取り入れられた。様々な放射線業務の中でも医療分野、特に患者付近で透視下手技に従事する医師の被ばくが高いことが知られている。また一般撮影や CT 検査においても小児や体を静止できない患者の検査において、介助をする際に室内に立ち入り被ばくする可能性がある<sup>6,7)</sup>。放射線診療従事者は、適切な放射線防護対策をしないと確率的影響や組織反応の恐れがある職種があり、放射線防護教育の欠如は放射線被ばくのリスクを高めることにつながることから、有効かつ効果的な放射線防護教育と訓練の実施が求められる。

放射線防護対策の理解を困難にする問題の 1 つとして、放射線は目に見えないということがある。筆者らは、放射線の初学者に対して散乱線の広がりを見視的に理解しやすくするため、モンテカルロシミュレーションによる高精度な放射線挙動計算技術と VR や AR 技術を組み合わせたコンテンツを開発し、放射線防護教育教材としての有効性の評価を行っている<sup>8)</sup>。これらの内容や取組みについて紹介する。

### 3. 放射線診療室内の散乱線の可視化

#### 3-1 放射線診療室の VR、AR を利用した放射線防護教材の構築

数十人を超える規模の受講者を対象とした放射線

防護教育の実施に当たり、画像や動画教材は Web サイト等を通じて配信、閲覧することで対応できるが、VR 等を用いた教材を受講者に同時に使用する場合は、ヘッドマウントディスプレイ等専用機器が必要となること、アプリケーションのインストールの必要、OS によっては非対応といったこと等の課題が挙げられる。特別な機器やアプリのインストール不要で、多くの人が所持しているタブレット端末又は PC で OS を問わず XR による散乱線の挙動の観察が可能な方法として、Web ブラウザ上で AR や VR を使用できる WebXR というものがある。WebXR はインターネット環境があれば使用ができ、簡単な操作で散乱線の挙動を可視化、観察することが可能である。WebAR はカメラが付いた端末（例：スマートフォン、タブレット等）で使用することができる。また、端末を動かすだけで好きな方向から観察することができるため、直感的な簡単な操作での観察が可能である。

シミュレーションで作成した放射線診療における室内の散乱線のボリュームデータをもとに、WebXR や専用アプリを活用した放射線防護教育例を示す。

### 3-2 X 線検査における散乱線の広がり可視化

腹部臥位撮影での散乱線分布を、患者の横断面、矢状断面、冠状断面及び鳥観図で表示したものを図 1 に示す。また、入射表面線量  $1 \text{ mGy}$  当たり周辺線量当量が  $5 \mu\text{Sv}$  及び  $1 \mu\text{Sv}$  の等値面を図 2 に示す。X 線管から患者に照射した X 線は後方散乱成分が多く、丸くはね返るように広がること、患者自身が散乱体かつ吸収体にもなることから、患者の左右方向に比べ頭足方向では散乱線分布が凹んだ形状を示すことが視覚的に確認できる。

### 3-3 WebVR による CT 検査、血管造影での散乱線分布の可視化

胸部 X 線 CT 検査での散乱線分布を等値面で様々な方向から観察したものを図 3 に示す。散乱線は CT ガントリの開口部から広がることが視覚的に確認できる。3 次元散乱線分布のデータがあれば、任意の断面の散乱線分布を容易に表示し、散乱線の多く飛んでくる位置が視覚的に認識でき、高線量の場所になるべく近づかないようにする意識づけや、防護具の配置についての検討が可能となる。

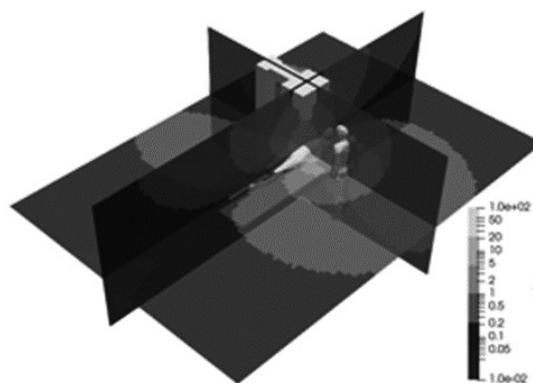
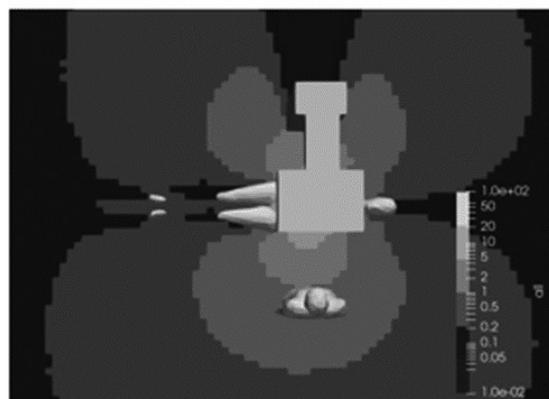
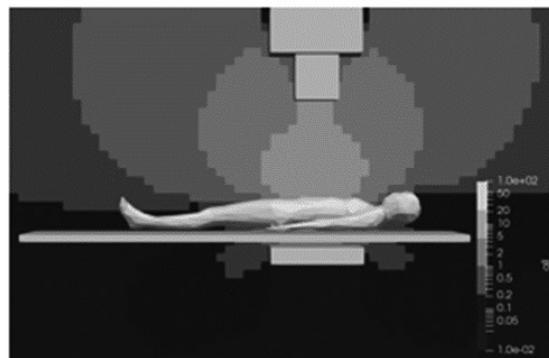
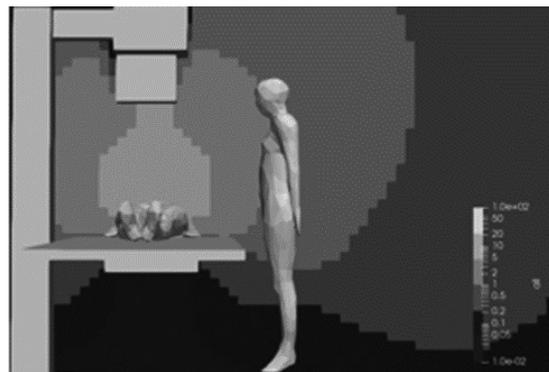


図 1 患者臥位照射時の散乱線分布  
上図から横断面、矢状断面、冠状断面、3 断面を天井から観察。

血管造影での散乱線について、血管造影室のモデル<sup>9)</sup>を利用した際の散乱線分布の可視化例を図 4 に示す。患者からの散乱線が放射線防護板により遮

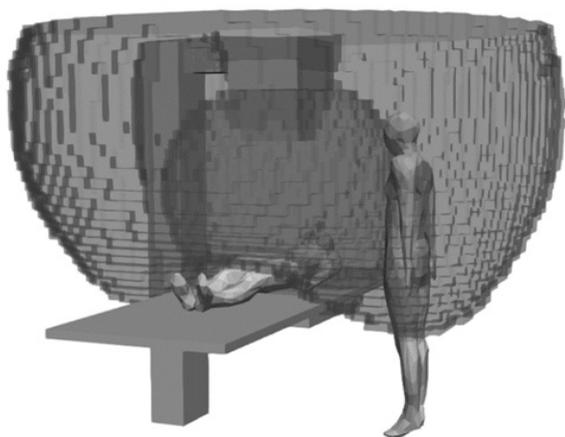


図2 患者臥位照射時の3次元散乱線分布の等値面。入射表面線量1 mGy 当たり、内側の等値面は5  $\mu$ Sv, 外側は1  $\mu$ Svを示す。

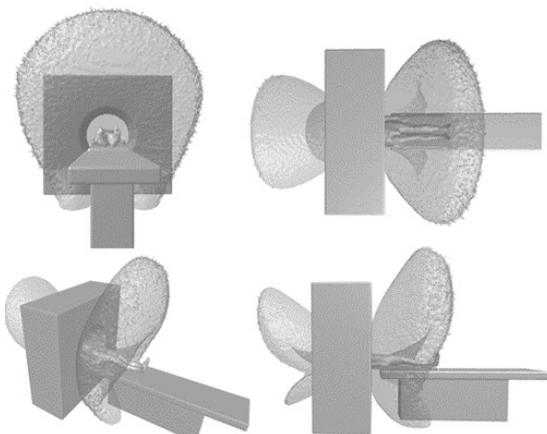


図3 胸部X線CT検査時の3次元散乱線分布の等値面。ガントリ開口部から散乱線が広がっている様子が確認できる。

蔽されていること、術者と防護板が離れていると防護板で遮蔽できていない部位からの散乱線を受けてしまうことが視覚的に確認できる。

### 3-4 ARによる胸部臥位撮影時の散乱線分布の可視化

病室や手術室でのポータブル撮影を想定した胸部臥位X線照射時の散乱線分布について、WebARで表示して任意の方向から確認できるコンテンツを図5に示す。この教材ではARマーカを認識してX線装置や寝台等を表示する仕様としておりマーカを印刷して用意する必要があるが、スマートフォンやタブレット端末、マーカを動かすだけで様々な視点からの散乱線分布の確認が可能であり、マウス操作も不要な分、WebVRより容易で直感的な操作が可能という利点がある。現在多くの人はスマート

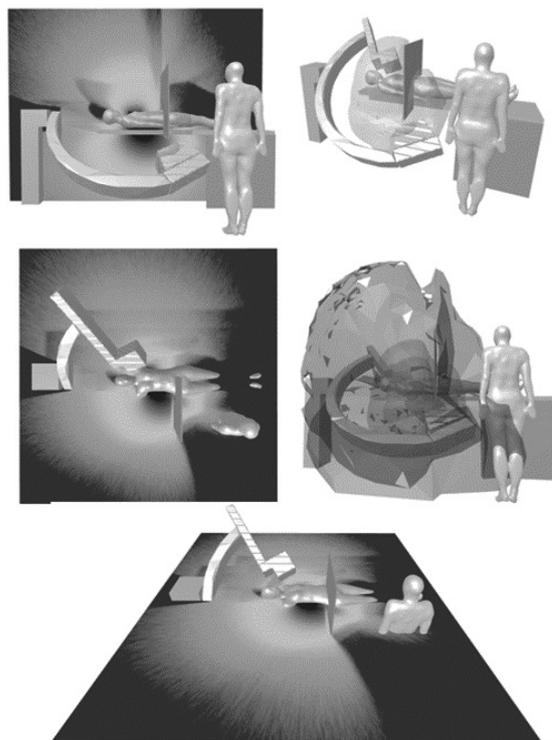


図4 心臓カテーテル検査, Cau45度, LAO45度照射での2次元および3次元散乱線分布の等値面の表示。WebVRとすることで、webブラウザ上で任意の方向から観察ができる。

フォンを所持しており、ネット環境があれば場所を問わず操作することができる。

X線室散乱線可視化ARアプリケーションX-SERVEを用いたポータブル撮影における散乱線の可視化の観察の様子を図6に示す。本アプリはiPad等にインストールすることでオフラインでも使用可能であり、原寸大での可視化が可能なことから、臨床現場における距離感をつかみやすいという利点がある。

### 4. XR放射線防護教育の感想と課題

筆者らは2020年から保健学科の学生を対象に前記で紹介したXRを活用した放射線防護教育を学生実習の一環で実施している。実習は、まず始めに放射線を扱う検査における職業被ばくの説明、コンテンツの操作説明を行った後、WebXRを用いた机上での観察やX-SERVEを用いた散乱線の可視化の観察を行い、最後に理解度の確認のために演習問題に取り組むという流れである。

教材を使用した感想として、自由に任意の位置から散乱線分布を確認でき理解しやすい、放射線の挙

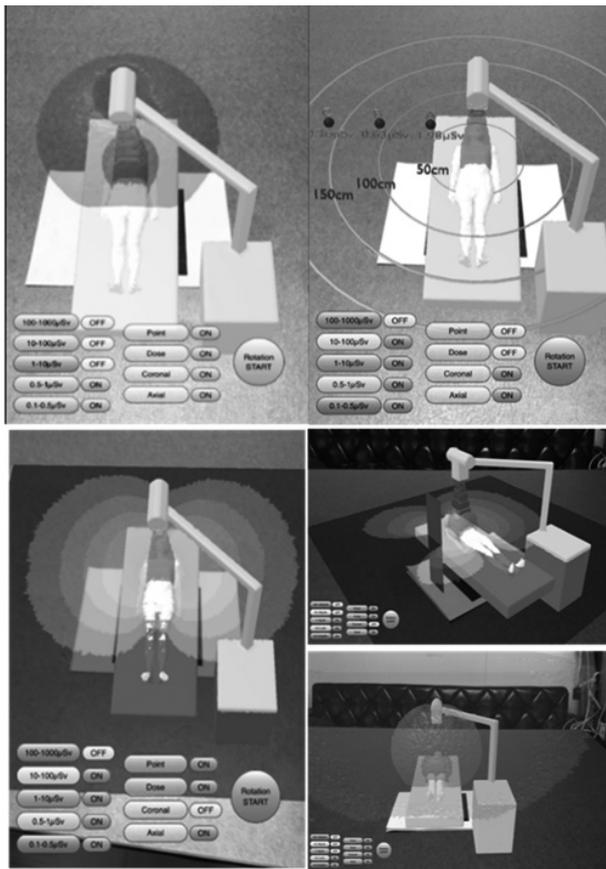


図5 ARアプリによるポータブル撮影時の散乱線分布の可視化。ARマーカを使用し、等値面、2次元断面、数点での線量を表示できる。



図6 iPad/iPhone用X線室散乱線可視化ARアプリケーション X-SERVEによる散乱線の可視化の様子。

動が動画で示されることで発生源が分かりやすい、防護板の効果や危険な位置を認識できたというコメントが挙がった。WebARの特徴として、デバイスを動かすだけで手軽に観察ができること、機種によっては動作が重い、ARマーカの印刷が必要であることが挙げられ、WebVRでは、安定して動作する、

マウス操作に慣れるのに少し時間がかかる、テキストと同時に見るのが難しい、ということが明らかになった。

要望や今後の課題として、他のX線装置や検査、小児や患者体型の違いによる分布への影響、任意の位置での線量、X線検査室で実際の装置を見学しながら散乱線分布を確認したいという意見があった。実習やアンケートの詳細は論文にて報告している<sup>10-12)</sup>。

## 5. まとめ

XRを利用した放射線の可視化は、現実世界で見ることのできない放射線を容易に認識、理解できることから相性が良いと言える。散乱線のボリュームデータを利用した放射線防護教育への活用は、放射線に対する専門的な知識を持たない放射線の初学者に対して、目に見えない放射線の広がりや適切な介助法の直感的な理解の向上に効果を与えることが期待される。本報告で紹介したWebVRや動画の一部は以下に公開している。

- ・ WebVRによる臥位撮影での散乱線分布の可視化  
<https://contrsrv.icer.kyushu-u.ac.jp/Medu/XraySim/>
- ・ iPad/iPhone用X線室散乱線可視化アプリケーション X-SERVE  
<https://apps.apple.com/jp/app/x-serve/id1576479310>
- ・ 放射線診療における散乱線の可視化動画  
<https://www.youtube.com/channel/UCWWxb9csZ7Ria9bSIgecrbQ>

## 参考文献

- 1) T. Fujibuchi., *J Radiol Prot.*, **41**, S317 (2021)
- 2) 藤淵俊王, 福岡医学雑誌, **111** (1), 185-194 (2020)
- 3) ICRP Publication 113 (2009)
- 4) ICRP Publication 117 (2010)
- 5) ICRP Publication 118 (2012)
- 6) 宮島隆一, 他, 日放技誌, **74**(4), 326-334 (2018)
- 7) 藤淵俊王, 保健物理, **53**(4), 247-254 (2018)
- 8) 藤淵俊王, 他, 日放技誌, **75**, 1297-1307 (2019)
- 9) N. Sato, et al., *Radiat. Prot. Dosim.*, **175**(2), 238-245(2017)
- 10) K. Nishi, et al., *J. Radiol. Prot.*, **40**, 1299-1310, (2020)
- 11) K. Nishi, et al., *Journal of Physics: Conference Series.*, **1943** (2021)
- 12) K. Nishi, et al., *J. Radiol. Prot.*, **42**, 011506 (2022)

(九州大学大学院医学研究院保健学部門医用量子線科学分野)