

令和 6 年 6 月 20 日現在

機関番号：34448

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K02793

研究課題名(和文) 非密封放射性線源の取り扱いに関する体感型VR学習支援システムの開発と脳科学的評価

研究課題名(英文) Development of sensory virtual reality system about the entrapment of the unsealed radioactive source and evaluation of the brain science

研究代表者

大西 英雄(OHNISHI, Hideo)

森ノ宮医療大学・医療技術学部・教授

研究者番号：10326431

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：非密封RI線源の取り扱い施設を持たない診療放射線技師養成校において仮想現実(Virtual Reality: VR)を用い、「非密封RI線源の取り扱い方法」の体感型VR学習支援システムを開発し、VRシステム有用性及び脳機能における変化等を評価した。VRシステムの主観的評価に関しては、VR実習の利便性及び満足度は80%以上の参加者が賛同しその有用性が示された。VR画像時の賦活部位は大脳視覚の腹側経路に位置するhV4、VO-1&2などに賦活が見られ、+MT野及び背側経路(V2、V3、V3A)でも賦活が多く生じる結果となった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

VRシステムは、診療放射線技師養成校において設備されていない非密封RI線源の取り扱いに関して、VR上で実体験できるため非常に有用である。このVRシステムはグローブタイプのコントローラーであるため、バイアルやシリンジの手指などによる正確な操作が簡便にでき、反復および再度確認の臨床実習教育に有用である。また、fMRI解析から、VRシステムから得られる脳機能の賦活部位などを推定できる。

研究成果の概要(英文)：In a radiologic technologist training school without facilities for handling unsealed radioisotopes (RIs), we developed an experiential Virtual Reality (VR) learning support system for "handling unsealed RI sources." We evaluated the usefulness of the VR system as well as changes in brain function. Regarding the subjective evaluation of the VR system, more than 80% of participants agreed on the convenience and satisfaction of the VR training, indicating its usefulness. Activation sites during the VR imaging included hV4 and VO-1&2 located in the ventral pathway of the visual cortex, as well as frequent activation in the +MT area and the dorsal pathway (V2, V3, V3A).

研究分野：核医学画像処理 脳機能画像

キーワード：VR 非密封RI線源の取り扱い 学習支援システム

### 1. 研究開始当初の背景

(1) : Virtual Reality は、現在ゲームやアクティビティなどで使用されている。Laura Freina らは 1960 年代に初めて VR という言葉が使われて以来、VR は様々な形で進化し、より現実の世界に近いものとなっており、VR は必要なデバイスがより使いやすく、経済的に入手しやすくなっている。また、VR は学習意欲を高め、魅力的であることから教育現場において非常に高い可能性を持っていると多くの報告されている<sup>1-4)</sup>。さらに、VR の醍醐味は、自身はその「世界へ没入する」ことであり、他者の存在は没入感を阻害する。したがって、VR 空間における自身の存在感は、その空間への没入感を高めると小柳ら<sup>5)</sup>は述べている。この没入感からくる学習意欲の向上を期待して、解剖学実習や VR 技術を用いた手術シミュレーション、理学療法士養成課程における臨床実習など、あらゆる臨床実習の手段とした VR の導入など、あらゆる医療分野での教育コンテンツとしての応用が進んでいる<sup>6-9)</sup>。

(2) : 核医学の実験・実習は非密封 RI 線源を用いる検査が多く、高額な非密封 RI 線源を扱う施設が必要不可欠である。しかし、全国の診療放射線技師養成校の非密封 RI 線源を取り扱う施設保有率は 45%を示し、過半数以上の養成校が非密封 RI 線源を取り扱う施設を保有していないのが現状である。X 線を用いた一般撮影系の VR 教育システムは開発されているが、非密封 RI 線源を取り扱う教育システムは未だ開発されておらず、ましてやグローブ(手指)を用いるシステムは現存しない。

### 2. 研究の目的

(1) 本研究の目的は、核医学領域において非密封 RI 線源の取り扱い施設を持たない診療放射線技師養成校での教育の質の向上のため、教育方略にリアルタイムシミュレーションの一種である仮想現実(Virtual Reality: VR)を用い、「非密封 RI 線源の取り扱い方法」を体感型 VR の中で体感的思考と運動感覚機能を統合させる効果的な体感型 VR 学習支援システムを開発することである。

(2) 開発した VR システムの有用性と妥当性を、核医学検査技術学を履修した学生を対象に半構成的質問紙を用いて評価し、機能的磁気共鳴撮像法(Functional Magnetic Resonance Imaging: fMRI)解析による脳活動計測に基づく臨場感などの脳科学的な側面から評価することを目的とする。

### 3. 研究の方法

(1) システム開発：

我々は Free Soft である Unity2020.3.29f LTS, Microsoft Visual Studio 2019 や言語に C#などを用いて VR システムを構築した。HMD(Head Mount Display)にアイトラッキング付き VIVE Binocular Add-on を装備した VIVE Pro EYE を用いた。また、RI 線源のシリンジ操作を再現するために、一般のコントローラではなく、手操作が再現できる VIVE 用グローブ型コントローラを採用した。(図 1)



図 1 システムの概略

(2) VR システムコンテンツの作成内容：

コンテンツは放射線管理区域内での非密封 RI 線源の取り扱いで、特に RI 線源の分注処理を中心に、放射線安全管理、分注処理及び汚染されている物の廃棄などを VR 画面から手操作を行う。操作は放射線被ばく管理上、バイアルやシリンジからの被ばくの軽減のため、鉛シールドを装着し高度な熟練度が必要である。また、RI 線源の噴出などを防ぐために、バイアルの陰圧化があり、その時の操作手順などが不可欠となる。その一連のコンテンツの項目を示す。

8 項目は、I. 管理区域内での導線および手袋の準備、II. フード内でのジェネレータでの <sup>99m</sup>Tc 抽出動作 (RI 操作)、III. 鉛ガラスシールド内におけるシリンジシールド(Pb)付き抽出操作、IV. 放射能測定 (ドーズキャリブレーション)、V. Pb シールド付きシリンジ操作、VI. Pb シールド付きバイアル&分注操作、VII. バイアル内の陰圧、陽圧の状況変化、VIII. 分注操作後のバイアルや手袋等廃棄操作で、それぞれの動作項目が VR 空間上で体験可能である。

バイアルからの分注操作は、陰圧や陽圧による操作の困難さ、及び陽圧によるバイアルからの線源の流出などを体験させることが可能である。また、シリンジとバイアルとの絶妙な指の使用方法などを繰り返し操作が簡便に実施可能である。線源流出に関しては、外部からの操作で可能となり、術者の緊張感を保持させるために使用する。使用するシステムの器具や装置はフード内と測定器付近の二つに設定されており、フード内は、<sup>99m</sup>Tc 用のジェネレータと鉛ブロック、

鉛ガラスなどが設定されている。測定器付近は、シリンジやバイアル内の放射能測定を行うため関与する器具や装置が配置されている。VR のコンテンツ画面を図 2 に示す。(手指は各研究協力者自身の手の動きを模倣する)

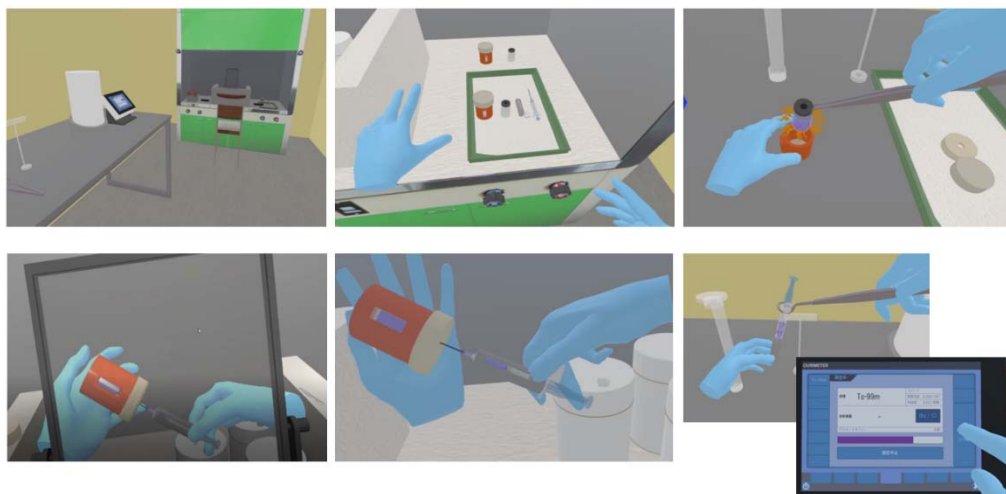


図 2 VR動作の抜粋

### (3) 研究協力者：

研究協力者はすべて在学中の大学生であり、かつ核医学検査技術学を履修済で別の非密封 RI 施設にて実習（以下、Hot Run の実習）を行った本学診療放射線学科 16 名(20.5±0.5)である。本研究の参加にあたり、研究協力者は VR での非密封 RI 線源の取り扱いの手順動画を事前に視聴し、教育訓練を行った。その後、注意事項を伝えた上で同意を得た。また、fMRI のデータ収集に関しても、上記に示した同じ研究協力者にて実施した。本研究は森ノ宮医療大学研究倫理審査部会(2022-90)の許可を得て実施した。

### (4) 評価方法：

#### ① VR システムの主観的評価：

研究協力者は本実験後に半構成的質問紙（記述式アンケート、5 段階アンケート）の評価を行った。

##### 1) 記述式アンケート：

記述式アンケートの質問は、「Hot Run と VR 空間との比較」及び「VR の実用性」などとした。それぞれの質問に対して文章にて答えてもらい、テキストマイニング<sup>10)</sup>法を用いた。その手法により、ワードクラウドと共起キーワードで評価した。

##### 2) 5 段階（リッカート尺度）式アンケート：

5 段階評価（リッカート尺度）式アンケート<sup>12)</sup>の質問は、「Hot Run と比較して、VR 実験での満足感.」、「VR 時でのスムーズさ.」、「バイアル操作時での緊張感.」、「VR 実験を行なってみて、今後の利用価値や将来性.」などとした。それに対する答えを 1 から 5 の選択肢から満足度の評価を行った。その際、選択肢 4、5 を肯定群とした。それらを被験者に回答させ、処理を行った。

#### ② VR システムの fMRI 解析を用いた評価：

fMRI の撮像は、研究協力施設に設置している HILIPS 社製 3T 臨床用 MR 装置を使用した。データ収集法は、我々が提案した半事象関連デザイン法(Semi-Event)を採用し、6 秒間の Bold 領域の処理データを用いた。脳機能画像解析には SPM12 を使用した。研究協力者は、前述した VR システムの評価者と同じとした。fMRI の課題としては、通常の 2 次元動画（2 次元画像）と、今回作成した VR システムの動作動画（VR 画像）を 6 秒間に分けて、タスクとレストを 12 秒毎、10 回行った、固定効果モデルでは FEW の検定法にて有意水準 5%にて解析を行い、変量解析モデルでは uncorrected で有意水準 0.1%にて評価を行った。

## 4. 研究成果

### (1) VR システムの主観的評価：

#### ① 記述式アンケート：

学外実習での非密封 RI 取扱い（実体験）と VR 体験の比較では、「実体験に比べて余り、緊張感を感じなかった」、「実際の Hot-Run に比べて被ばくの恐れが無い」、「RI 施設が無い所でも、線源の取扱いを行うことができる」、「実体験と VR 体験では手順等が同じで理解しやすい」など、多くの肯定的な意見が出た。やはり、「緊張感」、「被ばく」などの頻度が多く、VR の実用性



の回答からは、「被ばくを恐れずに操作できる」、「不安な部分を繰り返し操作できる」、「細かい所の学習機会が増える」などの意見が得られた。(図3)

また、共起キーワードは、VR 実験は練習を行うことで手順を覚えるということをつなげた。また、実際に管理区域に行く必要がないため、安全性に優れていることを共起キーワードは結びつけた。



図3 テキストマイニング

② 5段階（リッカート尺度）式アンケート：

Hot Run と VR 実験を比較した 5 段階式アンケートの結果は、研究協力者 16 人のうち、肯定的な回答が、「VR 実験での満足感があったか」という質問に対して 13 名（81%）、「VR 時でのスムーズさがあったか」という質問に対して 12 名（75%）以下、であった。

「バイアル操作時での緊張感があったか」という質問に対して 81%、「今後の利用価値や将来性はあったか」という質問に対して 100%、「VR での実用性はあったか」という質問に対して 100%を得た。「今後の非密封 RI 線源の取り扱いに有用であったか」という質問に対しては 81%、「VR の実験に積極的に参加できたか」という質問に対しては 100%、「VR での作業に没入感があったか」という質問に対しては 81%、「VR 実験での利点があったか」という質問に対しては 100%の回答を示した。しかし、否定的な回答も得られた。研究協力者 16 人のうち、「バイアル操作時での緊張感があったか」という質問に対しては、3 名（19%）、「管理区域にいるような臨場感があったか」という質問に対しては、2 名（13%）、「VR 動作自体の違和感は無かったか」という質問に対しては 3 名（19%）が肯定的な意見を示した。

(2) VR システムの fMRI 解析を用いた評価：

2 次元動画および VR 動画は、MR 検査室内に接したスクリーンにて投影され、研究対象者は頭部上のミラーで観察をした。VR 動画自体の賦活部位の同定のために、SPM 上で 2 次元および VR 動画のコントラスト画像を作成し、固定効果モデル及び変量解析モデル解析を行った。変量解析モデルでは、VR 画像時の賦活部位は脳視覚の腹側経路に位置する hV4、VO-1&2 などに賦活が見られ、+MT 野及び背側経路 (V2, V3, V3A) でも賦活が多く生じる結果となった<sup>13-15</sup> (図 4)。空間認知系の背側視覚経路と物体視系である腹側経路が共に賦活して、物体の 3 次元形状や陰影による奥行効果が見られた。また、VR 自身による映像の動き（自分の動作）も、映像の動きを検出する MT+野(Middle Temporal Complex)が関与していることが判明した。また、像の認識での紡錘状回、扁桃体の賦活も見られ、VR 動画の臨場感などに反応して、賦活が見られたと考える。

このことから、自分の動作の動きを VR 空間上で体感として、視覚経路を通じて脳部位の賦活が見られている。

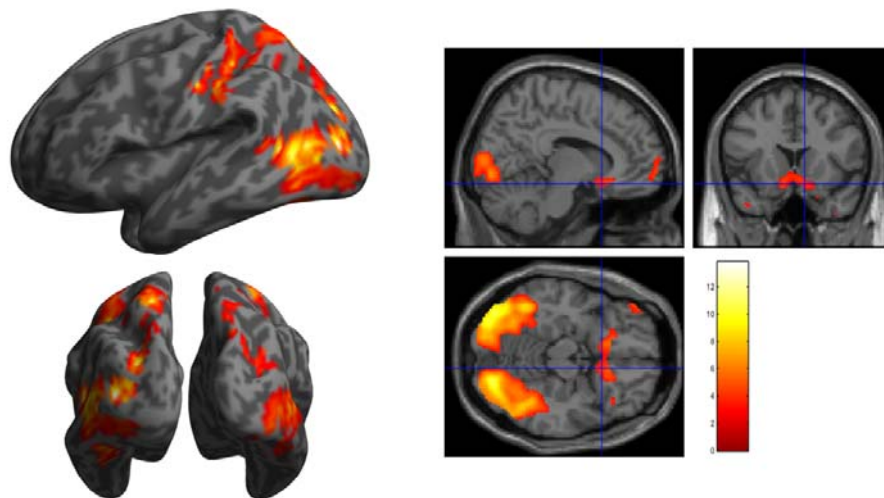


図4 VRの脳賦活

<引用文献>

- (1) Olaf Zawacki-Richtera et.al. Exploring four decades of research in Computers & Education. Computers & Education 122, 2018, 136-152
- (2) Laura Freina et.al. A Literature Review on Immersive Virtual Reality in Education:

- State of The Art and Perspectives. eLSE (2015 April conference paper).
- (3) Bayron Chavez et.al. Virtual Reality in the Learning Process. WorldCIST'18: Trends and Advances in Information Systems and Technologies 1345-1356, 2018
  - (4) Aikaterini Dedeilia et.al. Medical and Surgical Education Challenges and Innovations in the COVID-19 Era: A Systematic Review. In Vivo. 34(3 Suppl), 2020, 1603-1611
  - (5) 小柳陽光, 大村廉. 飛行体験における没入感向上のための鳥アバターへの身体所有感の生起可能性の検討. 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 22(4), 2017, 513-522
  - (6) 谷口航平, 濱川礼. PACS: 機械学習とワードクラウドを用いた論文および学会要旨スライド自動生成手法の提案とその実装. 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), 6, 2020, 1-8
  - (7) 横井梓, 齋藤美穂. VR 空間における心理的影響の評価に関する検討 大型スクリーンを用いた居住空間シミュレーションにおける VR 空間の感性評価. 日本建築学会環境系論文集, 78, 2013, 1-7
  - (8) C. Chamunyonga, et al. Utilising the Virtual Environment for Radiotherapy Training System to Support Undergraduate Teaching of IMRT, VMAT, DCAT Treatment Planning, and QA Concepts, J Med Imaging Radiat Sci. 49(1), 2018, 31-33
  - (9) D.Sapkaroski et al. Quantification of Student Radiographic Patient Positioning Using an Immersive Virtual Reality Simulation. Simul. healthc. 14(4), 2019, 258-263
  - (10) 福谷泰斗, 皆川直凡. テキストマイニングを用いた授業の理解状態把握に関する検討: 中学校社会科の授業実践をもとにした質的分析の試み. 鳴門教育大学情報教育ジャーナル, 16, 2019, 7-16
  - (11) 谷河篤, 匂坂量, 比良英司, 他. 外傷診療における VR ソリューションに関する探索的アンケート調査. 日本外傷学会雑誌, 37(1), 2023, 1-8
  - (12) 泰羅雅登, 筒井健一郎. 3次元世界を見る脳の仕組み, 日本バーチャルリアリティ学会誌 6(2), 2001, 12-18
  - (13) 番 浩志, ひとはなぜ 3D をみることができるのか?—ヒト脳内背側視覚経路に沿った階層的な 3D 情報処理過程—, The Japanese Psychonomic Society, 35(1), 201659-67
  - (14) 安藤広志, カラン明子, 他. 臨場感の知覚認知メカニズムと評価技術, 情報通信研究機構季報, 56(1), 2010, 157-164
  - (15) 小山博史, バーチャルリアリティと拡張現実技術の医学教育/医療応用, 日本内科学会誌, 109(1), 2020, 100-106

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 大西英雄 山畑飛鳥	4. 巻 4
2. 論文標題 量子放射線領域におけるVR技術を用いた医療系学生の教育スキルUpの方策.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 看護人間工学会誌	6. 最初と最後の頁 5-7
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 平島一樹、鎰谷美夢、濱田宗、林翔瑠、長谷川健、大西英雄
2. 発表標題 VRを用いた非密封RI線源の取り扱いシステムの構築
3. 学会等名 日本放射線技術学会
4. 発表年 2022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
研究分担者	船橋 正夫  (Funahashi Masao)  (40880828)	森ノ宮医療大学・医療技術学部・教授   (34448)	
研究分担者	垣本 晃宏  (Kakimoto Akihiro)  (50443784)	森ノ宮医療大学・医療技術学部・准教授   (34448)	
研究分担者	山畑 飛鳥  (Yamahata Asuka)  (70880326)	森ノ宮医療大学・医療技術学部・助教   (34448)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------