

令和 6 年 6 月 27 日現在

機関番号：32643

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19K09443

研究課題名（和文）患者個別バーチャルリアリティと拡張現実を複合した腹部外傷外科シミュレーター構築

研究課題名（英文）Construction of an Abdominal Trauma Surgery Simulator Combining Virtual Reality and Augmented Reality based on Individual Patients' Imaging

研究代表者

伊藤 香 (Ito, Kaori)

帝京大学・医学部・講師

研究者番号：00814633

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：腹部外傷VRモデルの作成の一環として、患者固有の術前CT画像3Dコンピュータグラフィック（3DCG）化および立体視化を行い、外傷初期診療シミュレーションのデモンストレーションを行い、NASA-TLXスコアによる評価を行い、VR技術を用いた外傷初期診療シミュレーションは、診断や治療戦略にかかる作業負担を軽減させ学習効果を高められる可能性があることが示唆された。また、変形可能な腹部外傷手術シミュレーターの開発として、外傷手術手技に必要な手技の一つ、「腹腔内大動脈遮断」および「腹部臓器回転操作」を再現するコンピュータグラフィックに力覚装置を付加したシステムを作成し、その効果を検証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

当研究では、これまですでに外科の他分野で活用されつつあるVR外科シミュレーションの技術を外傷外科の分野に発展させ、従来のシミュレーションの欠点を補足できるような、反復可能でより普及しやすいトレーニングシステムの開発を目的とし、患者固有の術前CT画像3Dコンピュータグラフィック（3DCG）化および立体視化やコンピュータグラフィックに力覚装置を付加したシミュレーションの開発を行い、シミュレーションの学習効果が高められる可能性が示唆された。より効果的なシミュレーションを行うことで、外傷初期診療の質の向上や、ひいては外傷患者の救命率の向上につながる可能性があり、社会的な意義は大きいと思われた。

研究成果の概要（英文）：As part of the creation of a VR model of abdominal trauma surgery, patient-specific preoperative CT images were stereoscopically reconstructed. Then, an initial trauma patient care simulation was demonstrated and evaluated based on NASA-TLX scores, suggesting that VR technology-based initial trauma care using VR technology has the potential to reduce the workload on diagnosis and treatment strategies and improve learning. In addition, as part of the development of a deformable abdominal trauma surgery simulator, a computer graphics system with a haptic device was created to reproduce "intra-abdominal aortic occlusion" and "abdominal organ rotation," two of the procedures required in trauma surgery, and the effectiveness of this system was verified.

研究分野：外傷外科

キーワード：腹部外傷 外傷外科 バーチャルリアリティ シミュレーション 教育

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年の血管内治療や集中治療の発達で、腹部外傷外科における手術症例は減少傾向であり、“on the job training”の機会は減少している。そのため、米国外科学会や世界外科学会では動物や屍体を使用したシミュレーションコースを世界的に展開し、それらは日本にも「輸入」されてきた。しかし、それらのコースは高額でリソースに限りもあり汎用性があるとは言えなかった。本研究課題では外傷患者固有の術前 Computed Tomography (CT) や自由視点映像技術で手術映像を三次元 (3D) 化したものに動きと力覚を加え、さらに背景映像としてバーチャルリアリティ (VR) に重畳表示する、従来にはない**拡張現実 (augmented reality; AR) と複合現実 (Mixed reality; MR) を利用した腹部外傷外科手術 VR シミュレーター (図 1)** およびそれに連動する電子教科書を開発し、これを用いて臨床手技に基づく実践的かつ効率的な教育法の確立を目的とする。

2. 研究の目的

杉本らの HoloEyes.XR を用いて様々なパターンの腹部外傷患者の術前 CT 画像を立体視させ AR, MR 化することにより、よりリアルな外傷手術の体験共有が出来るシミュレーターを構築し、それを用いた、反復可能でより普及しやすいトレーニングシステムを構築する。

筑波大学バーチャル手術ラボの Liversim、Hepatic Cockpit、自由視点映像技術を応用し、様々なパターンの腹部外傷患者の術前 CT 画像や手術映像を元にして腹腔内臓器損傷の 3D 画像 (映像) を作成し、そこに外傷手術に必要な、術野展開、臓器受動、止血操作等の動きと臓器の変形や弾力性といった力覚を加えたシミュレーターを作成する。

3. 研究の方法

a. 患者固有の術前 CT 画像 3D コンピュータグラフィック (3DCG) 化および立体視化

立体視化 3DCG の元となる患者の術前腹部造影 CT や手術映像の撮影は、帝京大学附属病院高度救急救命センターにて行った。医師 30 名を対象に、重症外傷患者のシナリオにあわせて CT 画像を従来の平面モニターで閲覧させ、診断および治療戦略を立てさせた。その後、同じ患者の三次元化した CT 画像を Holoeyes MD によってホログラムに変換した。参加者は、MR ウェアブルレンズを装着して 3 次元 CT 画像を立体視しながら外傷部位の診断を行い、治療方針を決定するシミュレーションを行った (図 2)。立体視によるシミュレーション前後の NASA- Task Load Index (TLX) スコア (リッカート尺度形式の作業負荷評価 6 項目。0-5 を肯定的評価、6-10 を否定的評価とした) を比較検討した。

NASA-TLX は、メンタルワークロード測定法として広く知られている (1)。1994 年には芳賀らにより、日本語版 NASA-TLX が開発された (2)。以後、当方法は、様々な領域で作業負荷に対する妥当な評価法であり、以下の 6 項目からなる： 知的・知覚的要求 (どの程度の知的・知覚活動を必要とするか)、

身体的要求 (どの程度の身体活動を必要とするか)、 タイムプレッシャー (ペースはゆっくりとして余裕があるものか。それとも速くて余裕のないものか)、 作業成績 (目標の達成に関して自分の作業成績にどの程度満足しているか)、 労力 (作業成績のレベルを達成・維持するために、精神的・身体的にどの程度一生懸命に作業しなければならないか)、 フラストレーション (外傷初期診療中の身体評価、画像診断、治療戦略決定に、不安感、いらいら、ストレスをどの程度感じるか)。

参考文献:

1. Hart SG et al: Human Mental Workload, North-Holland, 139-183, 1988.
2. 芳賀繁: NASAタスクロードインデックス日本語版の作成と試行、鉄道総研報告、8(1), 15-20, 1994.

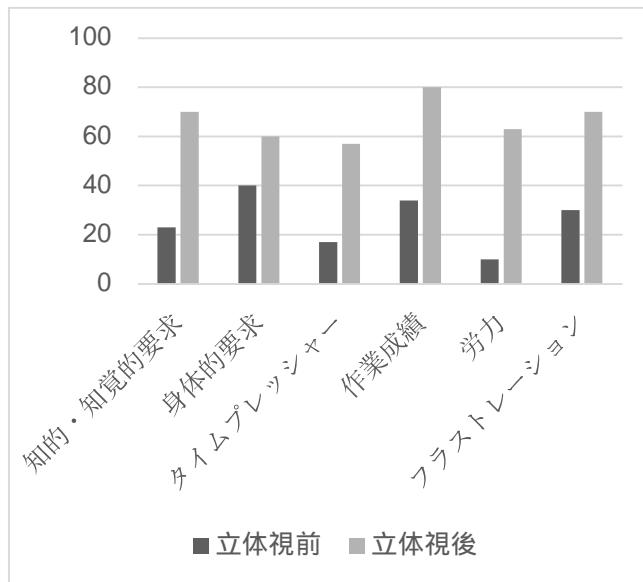
b.変形可能な腹部外傷手術シミュレーターの開発

VRを用いた腹部大動脈遮断趣味レーターの開発:3自由度可動式タッチスクリーンの上にゴムシートのひだの制御機構を設置し大動脈の形状に見立て、コンピューターグラフィックで出血点の動画を表示した。出血点の約2-3cmほど頭側を目標地点として止血鉗子の先端を合わせ挟む動作を行い、実験参加者ごとにひだが無し(映像のみ)の場合とひだが有り(提案システム)の遮断位置と鉗子の先端の座標を各2回ずつ計測し、先端座標位置におけるRMSE(平均二乗誤差)を算出し、ひだの有無による座標のバラつきを評価した。

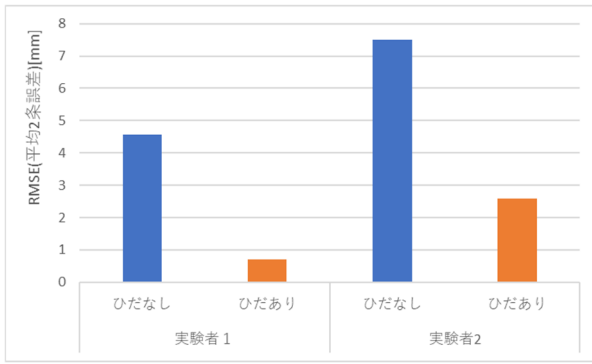
4. 研究成果

a. 参加した医師30名(救急医11名、外科医3名、放射線科医3名、初期・後期研修医13名)の年齢中央値(範囲)は32(25-46)歳、男性23名、女性7名、卒後年数中央値(範囲):6.5(1-21)年だった。シミュレーション前後のNASA-TLXスコアを比較すると、全ての項目においてシミュレーション後に肯定的評価が有意に増加し(知的・知覚的要求:23% vs 70%、身体的要求:40% vs 60%、タイムプレッシャー:17% vs 57%、作業成績:34% vs 80%、労力:10% vs 63%、フラストレーション:30% vs 70%)、拡張現実技術を併用することにより、作業負荷が軽減されることが示された(図1)。

図1: NASA - Task load index (TLX)スコア 肯定的評価の立体視化前後での比較(%)



b. 健康な20代の実験参加者2名についてシートの有無における大動脈の縦方向(X軸)の鉗子の先端の座標を計測し、実験参加者ごとに各2回測定した先端座標位置におけるRMSE(平均二乗誤差)を算出した。算出したRMSEの結果を以下のFig.4に示す。実験参加者は映像提示のみの場合に比べてひだがある場合、目標とした箇所に対して大動脈縦軸方向の座標の誤差が少なく認識した止血箇所を鉗子で安定して掴むことができていたことが確認され、大動脈止血練習への適用可能性が示唆された。



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 3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 伊藤香	4. 巻 46
2. 論文標題 【これが本当の救急医療"ネクストステージ"】Virtual realityを活用した救急医学教育の実践	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 救急医学	6. 最初と最後の頁 349-354
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 無
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 -

1. 著者名 Ito, Kaori MD, PhD, FACS; Sugimoto, Maki MD, PhD; Tsunoyama, Taichiro MD, PhD; Nagao, Tsuyoshi MD; Kondo, Hiroshi MD, PhD; Nakazawa, Kahoko MD, MPH; Tomonaga, Ayumi MD; Miyake, Yasufumi MD, PhD; Sakamoto, Tetsuya MD, PhD	4. 巻 5
2. 論文標題 A trauma patient care simulation using extended reality technology in the hybrid emergency room system	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Trauma and Acute Care Surgery	6. 最初と最後の頁 108-112
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1097/TA.0000000000003086.	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 -

1. 著者名 伊藤 弘一郎(筑波大学 大学院システム情報工学研究科), 矢野 博明, 伊藤 香, 大城 幸雄	4. 巻 21
2. 論文標題 3自由度可動式タッチスクリーンを用いた臓器硬さ提示	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本コンピュータ外科学会誌	6. 最初と最後の頁 269-270
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 -

1. 著者名 伊藤 香	4. 巻 43
2. 論文標題 【日本の救急医学・医療のこれから】専門家が語る救急医学・医療のこれから XR技術を活用した救急医療教育	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 救急医学	6. 最初と最後の頁 1847-1851
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 無
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 -

1. 著者名 伊藤 香(帝京大学医学部附属病院 高度救命救急センター), 杉本 真樹, 大城 幸雄, 矢野 博明, 北原 格, 藤田 尚, 三宅 康史, 坂本 哲也	4. 巻 22
2. 論文標題 拡張現実による外傷外科バーチャルリアリティ教育システムの展望	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本臨床救急医学会雑誌	6. 最初と最後の頁 239
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13件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 Kaori Ito
2. 発表標題 The Effect of a Treatment Protocol for Blunt Traumatic Hemorrhagic Shock in a Hybrid Emergency Room System
3. 学会等名 The 51th Critical Care Congress (国際学会)
4. 発表年 2022年 ~ 2023年

1. 発表者名 Kaori Ito, Maki Sugimoto
2. 発表標題 EFFECTS OF EXTENDED REALITY ON INITIAL CARE OF TRAUMA PATIENTS: THE NASA TASK LOAD INDEX
3. 学会等名 The 80th Annual Meeting of the American Association for Surgery of Trauma. (国際学会)
4. 発表年 2021年 ~ 2022年

1. 発表者名 Kaori Ito, Maki Sugimoto
2. 発表標題 Extended Reality for Initial Trauma Patient Care Simulation: A Pilot Study
3. 学会等名 American College of Surgeons Clinical Congress 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年 ~ 2022年

1. 発表者名 伊藤香、杉本真樹
2. 発表標題 外傷初期診療に拡張現実技術がもたらす効果 NASA-Task Load Indexによる作業負荷測定
3. 学会等名 第35回日本外傷学会総会・学術集会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 伊藤香、杉本真樹
2. 発表標題 拡張現実技術を用いたハイブリッドER外傷初期診療シミュレーション - 医工連携によるシミュレーション教育の試み -
3. 学会等名 第57回日本交通科学学会・学術講演会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 新屋拓己、矢野博明、伊藤香
2. 発表標題 ひだ制御機構と可動タッチスクリーンを用いた大動脈止血シミュレータ
3. 学会等名 第30回コンピューター外科学会大会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 伊藤 香、杉本真樹、角山泰一朗、長尾剛至、朝長鮎美、高野かおり、三宅康史、坂本哲也、藤田 尚
2. 発表標題 複合現実(Mixed reality)による腹部外傷アセスメント・手術シミュレーションの開発と臨床評価
3. 学会等名 第120回日本外科学会定期学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊藤香、杉本真樹、近藤浩史、三宅康史、坂本哲也
2. 発表標題 Virtual Realityを用いたハイブリッドER外傷診療シミュレーション
3. 学会等名 第56回日本腹部救急医学会総会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kaori Ito
2. 発表標題 A trauma patient care simulation using extended reality technology in the hybrid emergency room system (HERS)
3. 学会等名 American College of Surgeons Clinical Congress 2020（国際学会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kaori Ito
2. 発表標題 THE EFFECT OF EXTENDED REALITY TECHNOLOGY ON TRAUMA PATIENT CARE SIMULATION
3. 学会等名 5th World Trauma Congress（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊藤 香、杉本真樹、近藤浩史、三宅康史、坂本哲也
2. 発表標題 バーチャルリアリティを用いたハイブリッドER外傷初期診療シミュレーションによる多職種チームビルディングの試み
3. 学会等名 第57回日本腹部救急医学会総会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊藤 香、杉本真樹、角山泰一朗、長尾剛至、朝長鮎美、高野かおり、三宅康史、坂本哲也、藤田 尚
2. 発表標題 複合現実(Mixed reality)による腹部外傷アセスメント・手術シミュレーションの開発と臨床評価
3. 学会等名 第120回日本外科学会定期学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊藤 香、杉本真樹、大城幸雄、矢野博明、北原格、藤田尚、三宅康史、坂本哲也
2. 発表標題 拡張現実による外傷外科バーチャルリアリティ教育システムの展望
3. 学会等名 第22回臨床救急医学会・学術総会（招待講演）
4. 発表年 2019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	矢野 博明 (Yano Hiroaki) (80312825)	筑波大学・システム情報系・教授 (12102)	
研究 分担者	杉本 真樹 (Sugimoto Maki) (70398733)	帝京大学・付置研究所・特任教授 (32643)	

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
---------	---------