

令和 7 年 6 月 20 日現在

機関番号：17701

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2022～2024

課題番号：22K02918

研究課題名（和文）3Dホログラム提示による先天性臓器形態異常疾患に対する学習・治療包括支援システム

研究課題名（英文）Comprehensive Learning and Treatment Support System for Congenital Organ Malformation Using 3D Holographic Visualization

研究代表者

池江 隆正（IKEE, Takamasa）

鹿児島大学・医歯学総合研究科・客員研究員

研究者番号：90363613

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）：本研究では、小児の先天性疾患に対する教育・治療支援を目的に、医用画像から3Dホログラムを作成し、Mixed Reality技術を活用した支援システムを構築した。術前画像から得たDICOMデータを用いて臓器の3Dポリゴン化を行い、MRゴーグル上に立体映像として提示した。医学生・研修医を対象に、2D画像との比較で解剖学的理解度を評価した結果、3Dおよびホログラム画像提示群で有意な理解度向上が示された。稀少かつ多様な形態異常を伴う小児疾患の可視化は、教育・臨床支援の両面において有用性を有することが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

我が国は医療及び民生分野の映像機器において世界をリードする技術を有しており、世界に先駆けて高精細内視鏡を開発実用化、世界初の8K内視鏡を開発し、臨床応用に成功した。しかしそれらの教育的有用性に関する学術的評価とエビデンスの発信が不足している。本研究ではMR技術を活用し、小児の先天性疾患を3Dホログラムとして提示することで、医学生・研修医の疾患理解の向上や小児外科医の術式選択支援への有効性を検証し、教育と臨床を結ぶ新たな支援システムの構築を目指した。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to develop an educational and clinical support system for congenital pediatric disorders using Mixed Reality (MR) technology. Medical imaging data (CT/MRI in DICOM format) were converted into 3D polygonal models through organ segmentation and reconstructed as volumetric 3D holograms. These were projected into real space using MR goggles. A comparative analysis was conducted with medical students and residents to assess anatomical understanding using three modalities: 2D images, conventional 3D models, and MR-based holograms. Results showed significantly higher comprehension in the 3D and MR groups than in the 2D group. Visualizing rare and diverse congenital anomalies with holograms proved beneficial for both education and surgical planning. This study demonstrates the value of MR in improving disease understanding and clinical decision-making, highlighting its academic significance and originality in pediatric surgical education.

研究分野：小児外科

キーワード：小児外科 Mixed Reality 3Dホログラム 先天性疾患 手術ナビゲーション 内視鏡外科手術シミュレータ 医学教育

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

現代外科学は麻酔管理の進歩と外科医の手術手技の向上を両輪として発展を遂げた。手術は内視鏡外科手術やロボット手術をはじめとした進化するデバイスに外科医が適応し、高度な手術が可能となっている。特に内視鏡外科手術が登場して30余年、急速に普及し、外科領域によっては標準的手術法として位置づけられている。このような普及の背景には、常に最先端テクノロジーが投入されることにより新規デバイス/映像機器が開発・導入され、技術革新が行われてきたことがある。従来高難度考えられていた成人外科領域の腹腔鏡下肝切除術/腹腔鏡下膵頭十二指腸切除術、小児外科領域の胸腔鏡下食道閉鎖症根治術/腹腔鏡下胆道閉鎖症手術なども安全に施行可能となった。これは外科医の技術進歩に加えて映像技術の進化に負うところが大きい。

一方で教育的観点に立つてみると医学生に対する教育は参加型臨床実習が叫ばれているものの未だ座学が中心であり、Up-to DateなどのWEB教材の利用が可能となっているが教科書も含めて2次元での知識の理解にとどまっている。前述の臨床現場における外科手術でも術前画像から3D構築が可能となっているがモニター上は2次元表示であり、8K内視鏡が導入され、肉眼では識別できない微細な表面構造が描出可能となっている現状でも臓器の深部情報に関しては外科医の理解と経験に追うところが大きいのも事実である。研究代表者が専門とする小児外科は、治療対象として先天性疾患が中心となる。発生頻度は2000-10000出生に1人程度の稀少疾患で、臓器形態異常も個体差(破格)が多く、希少性/個体差が病態理解と治療方針決定を困難にしている。代表新患である食道閉鎖症は教科書的には5つの病型だが、すべての病型を網羅した場合は90以上となり、術中の胸腔鏡映像で初めて稀な病型に気づき判断に迫られることがある。外科医自身が経験ない病態を医学生に説明・理解させるのはたとえ高精細な映像を共有しても困難である。

2. 研究の目的

我が国は医療及び民生分野の映像機器において世界をリードする技術を有しており、世界に先駆けて高精細内視鏡を開発実用化、世界初の8K内視鏡を開発し、臨床応用に成功した。しかしながら技術を臨床に活かす上での学術的検証は十分に行われていない。また国内外科医の内視鏡外科手術の技術も世界トップレベルである。すなわち、このように我が国は外科医の技および最先端医療機器を世に送り出す医療技術力がありながら、教育的見地からその有用性を学術的に評価・立証し、エビデンスを持って世界へ発信する研究活動が不足している。本研究は、MR技術を応用した複合現実の空間に、多くの破格を含む小児の先天性疾患の情報を3Dホログラム表示することで、医学生・初期研修医・専門研修医の疾患理解が深まるだけでなく、手術を行う小児外科医の術式の決定に寄与することが可能か、その利点に学術的裏付けを与え、医療における教育の一助とする点で学術的独自性と創造性を有する。

3. 研究の方法

本研究では、患者のCTやMRIなどの術前あるいは術中の医用画像から得られたDICOMデータを基に、対象臓器のセグメンテーションを行い、3Dポリゴンデータへ変換した。これにより臓器をボリュームとして立体映像に再構成し、Mixed Reality (MR) ゴーグルを用いて現実空間に3Dホログラムとして投影・提示した。

このMR技術を応用し、小児外科領域における先天性形態異常疾患に対する学習支援システムを構築した。作成した3Dホログラム画像を用いて、医学生、初期臨床研修医、および専門研修医を対象に、一般的な2Dモニター表示との比較を行い、疾患理解度の差異を検証した。

【対象】 医学部2～4年生(解剖実習修了、臨床実習前) 90名

画像診断ツールごとに3群にランダムに分けて実施

- 2D-CT単独(2D-CT群)
- 2D-CTと3D-CTの併用(3D-CT群)
- 2D-CTと3Dホログラムの併用(3Dホログラム群)

【評価課題】

- 肝芽腫についての画像診断テスト
- 使用ツールに関するアンケート調査

【評価項目】

回答時間、問題正誤、アンケートの回答(5点Lickert尺度)



4. 研究成果

肝芽腫の術前 CT 画像を、2D 画像、3D 画像、およびホログラム画像の 3 形式で提示した。被験者の解剖学的理解を評価した結果、3D 画像およびホログラム画像を提示された群では、2D 画像提示群と比較して解剖学的理解が有意に向上していることが明らかとなった。3D ホログラムを併用した群では、肝区域における病変の位置に関する誤答が有意に減少した。これは、立体的な視覚情報により病変の位置をより正確に把握できたことを示している。

また、3D ホログラムを用いた被験者では、「診断が楽しい」と感じた割合が有意に高く、さらに「解剖理解に有用である」と回答した割合も高かった。これらの結果は、解剖学習に対する理解促進と学習意欲の向上につながる可能性を示唆する。

以上のことから、3D ホログラムの外科解剖教育への応用は、学生の解剖学的理解と学習意欲の向上に有効である可能性があると考えられる。

結果 -外科解剖に関する読影-

- 肝区域の正答数は、3D-CTが他2群と比較し、有意に多かった。
- 肝区域の誤答数は、3Dホログラム群と3D-CT群が、2D-CT群と比較し有意に少なかった。
- 回答時間に有意差はみられなかった。

| | | | | p値 | | |
|----------------|---------------|------------|---------------|------------------------|------------------------|----------------------|
| | 3Dホログラム | 3D-CT | 2D-CT | 3Dホログラム vs 3D-CT | 3Dホログラム vs 2D-CT | 3D-CT vs 2D-CT |
| N | 30 | 30 | 30 | | | |
| 正答数 (最大2区域) | 1.27±0.52 | 1.71±0.47 | 0.97±0.76 | 0.017 | 0.133 | <0.001 |
| 誤答数 (最大6区域) | 0.3±0.53 | 0.4±0.72 | 1.13±0.68 | 0.824 | <0.001 | <0.001 |
| 回答時間(秒) | 710.93±291.01 | 636.33±215 | 654.07±338.21 | 0.572 | 0.722 | 0.969 |

(平均±SD)

Faculty of Medicine, Kagoshima University

結果 -外科解剖に関する読影-

- 外科解剖に関するその他の回答においては正答率に有意差は認めなかった。

| | 正答率 | | | p値 | | |
|-----------|-------------|-------|-------|------------------------|------------------------|----------------------|
| | 3D ホログラム | 3D-CT | 2D-CT | 3Dホログラム vs 3D-CT | 3Dホログラム vs 2D-CT | 3D-CT vs 2D-CT |
| PRETEXT分類 | 0.67 | 0.73 | 0.73 | 0.573 | 0.573 | 1.000 |
| 脈管切除の必要性 | | | | | | |
| 右肝静脈 | 0.97 | 1.00 | 0.97 | 0.313 | 1.000 | 0.313 |
| 中肝静脈 | 0.20 | 0.27 | 0.40 | 0.542 | 0.091 | 0.273 |
| 左肝静脈 | 1.00 | 0.97 | 1.00 | 0.313 | 1.000 | 0.313 |
| 門脈右枝 | 0.67 | 0.73 | 0.73 | 0.573 | 0.573 | 1.000 |
| 門脈左枝 | 0.97 | 0.97 | 0.93 | 1.000 | 0.554 | 0.554 |

結果 -アンケート-

- 診断の楽しさは、3Dホログラム群が有意に2D-CT群より評価が高かった。
- 解剖理解への有用性および学習への有用性は、3Dホログラム群と3D-CT群が有意に2D-CT群より評価が高かった。

5点Lickert尺度：5「はい」 3「どちらでもない」 1「いいえ」

| | 回答 | | | p値 | | |
|------------|-----------|-----------|-----------|------------------------|------------------------|----------------------|
| | 3Dホログラム | 3D-CT | 2D-CT | 3Dホログラム vs 3D-CT | 3Dホログラム vs 2D-CT | 3D-CT vs 2D-CT |
| 楽しさ | 4.83±0.38 | 4.53±0.57 | 4.23±0.82 | 0.149 | <0.001 | 0.149 |
| 解剖の理解への有用性 | 4.83±0.46 | 4.93±0.25 | 3.93±0.87 | 0.787 | <0.001 | <0.001 |
| 学生の学習への有用性 | 4.87±0.35 | 4.87±0.43 | 4.50±0.68 | 1.000 | 0.017 | 0.017 |
| 操作容易性 | 3.90±0.84 | 4.17±0.99 | 4.73±0.52 | 0.411 | <0.001 | 0.021 |
| 距離の判断への有用性 | 3.63±1.03 | 3.50±1.25 | 4.13±0.86 | 0.878 | 0.167 | 0.059 |

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6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 3件）

| | |
|--|---------------------|
| 1. 著者名 大西 峻, 春松 敏夫, 杉田 光士郎, 村上 雅一, 田畑 有弥子, 祁答院 千寛, 鶴野 雄大, 矢野 圭輔, 川野 孝文, 家入 里志 | 4. 巻 39 |
| 2. 論文標題 医療DXの可能性が広がる!XR(VR・AR・MR)とメタバースの最前線(第23回) XRを利用した小児内視鏡外科手術 | 5. 発行年 2024年 |
| 3. 雑誌名 INNERVISION | 6. 最初と最後の頁 78-81 |
| 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 Murakami M, Yamada K, Onishi S, Harumatsu To, Baba T, Kuda M, Miyoshi K, Koga Y, Masuya R, Kawano T, Muto M, Hayashida M, Nakame K, Shinyama S, Kuwabara J, Tatsuta K, Yanagi Y, Hirose R, Shono T, Migita M, Kaji T, Takatsuki M, Nanashima A, Matsufuji H, Ieiri S | 4. 巻 33 |
| 2. 論文標題 Proctoring System of Pediatric Laparoscopic Surgery for Choledochal Cyst | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Laparoendoscopic & Advanced Surgical Techniques | 6. 最初と最後の頁 1109 ~ 1113 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1089/lap.2023.0087 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名 Yamada Koji, Nakazono Ryoga, Murakami Masakazu, Sugita Koshiro, Yano Keisuke, Onishi Shun, Harumatsu Toshio, Yamada Waka, Matsukubo Makoto, Kawano Takafumi, Muto Mitsuru, Ieiri Satoshi | 4. 巻 58 |
| 2. 論文標題 The experimental evaluation of the effects of display size on forceps manipulation and eye and head movement of endoscopic surgery using a pediatric laparoscopic fundoplication simulator | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Pediatric Surgery | 6. 最初と最後の頁 664 ~ 668 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jpedsurg.2022.12.023 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|-------------------------|
| 1. 著者名 家入 里志, 杉田 光士郎, 春松 敏夫, 山田 和歌, 川野 孝文, 武藤 充, 山田 耕嗣, 大西 峻, 村上 雅一, 矢野 圭輔, 岩元 祐実子, 緒方 将人, 高田 倫, 祁答院 千寛 | 4. 巻 55 |
| 2. 論文標題 特集 ロボット支援手術 小児外科領域における次世代手術支援ロボット開発-Soft Roboticsの可能性- | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 小児外科 | 6. 最初と最後の頁 525 ~ 531 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24479/ps.0000000445 | 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 Murakami Masakazu, Tani Ayane, Masuda Shojun, Iwamoto Yumiko, Ogata Masato, Takada Lynne, Nishida Nanako, Kedoin Chihiro, Nagano Ayaka, Sugita Koshiro, Harumatsu Toshio, Onishi Shun, Kawano Takafumi, Muto Mitsuru, Ieiri Satoshi | 4. 巻 4 |
| 2. 論文標題 Can multiple-degree-of-freedom articulating instruments be effective in pediatric endoscopic surgery? - A prospective trial | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Pediatric Surgery Open | 6. 最初と最後の頁 100071 ~ 100071 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.yjps.2023.100071 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名 Yamada Koji, Muto Mitsuru, Murakami Masakazu, Onishi Shun, Sugita Koshiro, Yano Keisuke, Harumatsu Toshio, Nishida Nanako, Nagano Ayaka, Kawano Masato, Yamada Waka, Matsukubo Makoto, Kawano Takafumi, Kaji Tatsuru, Ieiri Satoshi | 4. 巻 18 |
| 2. 論文標題 An analysis of the correlation between the efficacy of training using a high-fidelity disease-specific simulator and the clinical outcomes of laparoscopic surgery for congenital biliary dilatation in pediatric patients | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery | 6. 最初と最後の頁 55 ~ 61 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11548-022-02793-y | 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 - |

〔学会発表〕 計6件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件)

| |
|---|
| 1. 発表者名 橋口美海、馬渡比華、村上雅一、杉田光士郎、川野孝文、岩元祐実子、緒方将人、高田倫、祁答院千寛、矢野圭輔、大西 峻、武藤 充、家入里志 |
| 2. 発表標題 医学生の外科解剖の学習および理解における3Dホログラム提示による効果の検討 |
| 3. 学会等名 第61回日本小児外科学会学術集会 |
| 4. 発表年 2024年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 村上雅一、岩元裕実子、緒方将人、高田 倫、祁答院千寛、杉田光士郎、春松敏夫、大西 峻、川野孝文、武藤 充、家入里志 |
| 2. 発表標題 コロナ禍の地方大学院生でもオンラインでできる医工連携小児内視鏡外科疾患特異的シミュレータ開発と検証 |
| 3. 学会等名 第124回日本外科学会定期学術集会 |
| 4. 発表年 2024年 |

| | |
|---------|---|
| 1. 発表者名 | Koshiro Sugita, Shun Onishi, Toshio Harumatsu, Maki Sugimoto, Nanako Nishida, Chihiro kedoin, Ayaka Nagano, Masakazu Murakami, Takafumi Kawano, Mitsuru Muto, Satoshi leiri |
| 2. 発表標題 | Initial Experiences of Intraoperative 3D Hologram Support with Mixed Reality Navigation in Pediatric Endosurgery -Ultimate Image-Guided Future Precise Surgery |
| 3. 学会等名 | EUPSA 2023 (国際学会) |
| 4. 発表年 | 2023年 |

| | |
|---------|--|
| 1. 発表者名 | Onishi S, Sugita K, Harumatsu T, Sugimoto M, Nishida N, Kedoin C, Nagano A, Murakami M, Kawano T, Muto M, leiri S |
| 2. 発表標題 | Experiences of Intraoperative 3D Hologram Support with Mixed Reality Navigation in Pediatric Endosurgery -Ultimate Image-Guided Future Precise Surgery |
| 3. 学会等名 | International Pediatric Endosurgery Group 32nd Annual meeting (国際学会) |
| 4. 発表年 | 2023年 |

| | |
|---------|--|
| 1. 発表者名 | 杉田 光太郎, 杉本 真樹, 春松 敏夫, 大西 峻, 西田 ななこ, 祁答院 千寛, 長野 綾香, 村上 雅一, 川野 孝文, 武藤 充, 家入 里志 |
| 2. 発表標題 | 3Dホログラムを用いた次世代型小児内視鏡外科手術 術野空間での近未来精密手術 |
| 3. 学会等名 | 第60回日本小児外科学会学術集会 |
| 4. 発表年 | 2023年 |

| | |
|---------|--|
| 1. 発表者名 | 春松 敏夫, 杉本 真樹, 西田 ななこ, 長野 綾香, 村上 雅一, 杉田 光太郎, 大西 峻, 山田 耕嗣, 山田 和歌, 武藤 充, 川野 孝文, 家入 里志 |
| 2. 発表標題 | 画像診断を含めた新しいテクノロジーの小児外科治療への応用 Wearable holographic guide systemを用いたMixed realityナビゲーションの小児内視鏡外科手術への応用 |
| 3. 学会等名 | 第123回日本外科学会定期学術集会 |
| 4. 発表年 | 2023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 | 家入 里志 (IEIRI Satoshi) (00363359) | 鹿児島大学・医歯学域医学系・教授 (17701) | |
| 研究分担者 | 大西 峻 (ONISHI Shun) (10614638) | 鹿児島大学・医歯学域鹿児島大学病院・講師 (17701) | |
| 研究分担者 | 村上 雅一 (MURAKAMI Masakazu) (40825361) | 鹿児島大学・鹿児島大学病院・特任助教 (17701) | |
| 研究分担者 | 加治 建 (KAJI Tatsuru) (50315420) | 久留米大学・医学部・教授 (37104) | |
| 研究分担者 | 植村 宗則 (UEMURA Munenori) (50636157) | 神戸大学・医学研究科・非常勤講師 (14501) | |
| 研究分担者 | 杉本 真樹 (SUGIMOTO Maki) (70398733) | 帝京大学・付置研究所・教授 (32643) | |
| 研究分担者 | 武藤 充 (MUTO Mitsuru) (70404522) | 鹿児島大学・医歯学総合研究科・客員研究員 (17701) | |

6. 研究組織（つづき）

| | 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 | 春松 敏夫 (HARUMATSU Toshio) (70614642) | 鹿児島大学・医歯学総合研究科・客員研究員 (17701) | |
| 研究分担者 | 山田 耕嗣 (YAMADA Koji) (80528042) | 鹿児島大学・医歯学総合研究科・客員研究員 (17701) | |

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 |
|---------|---------|
| | |