

令和 5 年 6 月 26 日現在

機関番号：92655

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K12836

研究課題名(和文) 術中ホログラフィーと視線提示機能を用いた腹腔鏡手術支援教育システムの開発

研究課題名(英文) System development of intraoperative holography navigation using a mixed-reality wearable computer during laparoscopic surgery

研究代表者

北川 美智子 (Kitagawa, Michiko)

医療法人社団あんしん会四谷メディカルキューブ(臨床研究管理部)・外科・内視鏡外科・医師

研究者番号：50747384

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)：腹腔鏡手術は画面に映る臓器を頭の中で立体像に再構築して解剖把握し手術を行うが、瞬時に立体像を想像するには高い空間認識力を必要とし、その習得には時間がかかる。そこで頭部搭載型 Mixed-reality (MR) 端末により術野空間に立体像を表示すれば術者は直感的に解剖を把握することができ、結果的に腹腔鏡手術の安全性を向上させることができるのではないかと考え、MR 端末使用下での腹腔鏡下胆嚢摘出術と従来の手術とを比較し、MR 端末使用手術の安全性と有用性を検討した。その結果、MR 端末使用手術の安全性は従来手術の劣らないが、有用性に関しては術者の経験値に左右される可能性があることが判明した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ホログラム提示機能を有する頭部搭載型MR端末使用下腹腔鏡下胆嚢摘出術の安全性は従来の2D画像を手術支援画像として用いた手術に劣らないことが判明したが、有用性に関しては術者経験値により評価がわかれることが判明した。理由として既に高い空間認識力を持つ熟練者を執刀医とした事。高度炎症例を除外し解剖理解しやすい症例のみを適応とした事が考えられる。feasibilityは確認できたため、今後は経験の浅い医師を術者とした場合や解剖理解が難しい高度炎症例にも対象を広げ、MR端末が術者の空間認識力を補強し手術の安全性向上に役立つかどうかについてさらなる研究を進める必要がある。

研究成果の概要(英文)：Our study aimed to assess the safety and efficacy of laparoscopic cholecystectomy (LC) using a holography-guided navigation system as an intraoperative support image. Nine patients underwent LC with 3D models generated by a wearable mixed-reality device (LC3D) and 18 underwent LC with conventional two-dimensional images (LC2D) as surgical support images. Surgical outcomes were measured, and a four-item questionnaire was used for subjective assessment. Median operative times were LC3D and LC2D were 74.0 and 58.0 minutes. Although the midcareer surgeon indicated that LC3D was "normal" or "easy" compared LC2D, the experienced surgeon rated LC3D as more difficult in 3(33%) of 9 cases. This study provides evidence that LC3D is feasible. However, the efficacy may depend on the surgeon's experience, as indicated by the different ratings provided by the surgeons.

研究分野：腹腔鏡外科

キーワード：Virtual reality (VR) Mixed reality (MR) holography navigation 空間認識力補強 手術支援画像  
腹腔鏡下手術支援システム 手術の安全性 術者経験年数

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

腹腔鏡手術は、モニターに映し出される臓器を見て奥行きを想像する必要があり、正確な解剖把握には高い空間認識力を必要とする。特に高度炎症を伴う胆嚢の場合、解剖学上胆嚢管や脈管の走行が多様であるためより正確な解剖理解を必要となるが、二次元画像である CT 画像から瞬時に解剖を把握するのは難しく、経験未熟な医師では解剖誤認から致命的合併症をきたしかねない。実際、手術技術が発達した現在でも腹腔鏡下胆嚢摘出術における胆道損傷などの臓器損傷は 0.5%、手術関連志望率は 0.14% 認められており、2018 年には厚生労働省より腹腔鏡下胆嚢摘出術に関する医療事故再発防止に向けた提言書を周知するよう全日本病院協会に通知され、腹腔鏡手術の術中安全性の改善は急務である。

今回 Mixed Reality (以下、MR) 端末を用いて術野空間に臓器をホログラム表示させながら腹腔鏡下胆嚢摘出術を実施したところ、直感的な解剖把握が可能であった。また術者の視線方向をレーザービームのように表示可能な視線提示機能を術中利用することで、熟練者が術中どこを注視して手術しているのかがリアルタイムに観察することができた。この視線の共有化は術者助手の協調性を高め、術中安全性の向上に寄与すると同時に、これまで手術経験を重ねることではしか習得できなかった熟練者の持つ手術のコツという暗黙知が視線の可視化により形式知化されることが判明した。

そのため視線提示機能を備えた MR による術中画像支援システムの研究開発を進めることによって、術者の空間認識力を補強し手術の安全性の向上に役立つだけでなく、視線提示機能により熟練者の有する暗黙知を効率的に習得できる教育効果の高いシステムをも確立できるのではないかと考えた。

## 2. 研究の目的

腹腔鏡下胆嚢摘出術の術中解剖誤認リスクを軽減させ手術の安全性の向上させるため、VR 端末を用いた術中画像支援システムの確率と MR 端末を用いた手術手技トレーニングシステムを開発することを目的としていた。

しかしながら、緊急事態宣言発令による研究開始時期の遅れ、視線提示機能がうまく作動しないといった MR 端末の動作端末の不具合などの想定外の事象が発生した。そのため研究計画を一部変更し、MR 端末によるホログラム表示が腹腔鏡手術の安全性の向上に寄与するかどうかについてのみ検討することし、MR 端末による 3D 提示下手術の安全性と有用性を評価した。

## 3. 研究の方法

前向き観察研究を行った。

[対象] 2020 年 4 月から 2022 年 10 月までに当院にて胆石症または軽度胆嚢炎と診断され腹腔鏡下胆嚢摘出術を予定した 20 - 70 歳未満、BMI < 25 の患者 27 例。

[方法] 腹腔鏡下胆嚢摘出術を施行する際、9 例は手術支援画像として 3D 画像を使用し、18 例は 2D 画像を使用した。3D 画像使用群は、頭部搭載型 MR 端末である HoloLens を術中装着し、術野空間にホログラム表示しながら手術 (3D 画像提示下手術) (図 1) を行い、2D 画像使用群は術前に撮影した DIC-CT 画像をモニターに提示しながら手術 (2D 画像提示下手術) を行った。手術の安全性の評価として両群の手術成績 (手術時間、出血量、周術期合併症発生率) を比較検討した。MR 端末の操作性や 3D 画像の画質評価は、術者へのリッカート尺度を用いたアンケートと、NASA Task Load Index (NSA-TLX) により主観的に評価した。術者は卒後 20 年目の中堅医師と卒後 32 年目の熟練医師の 2 名が担当した。

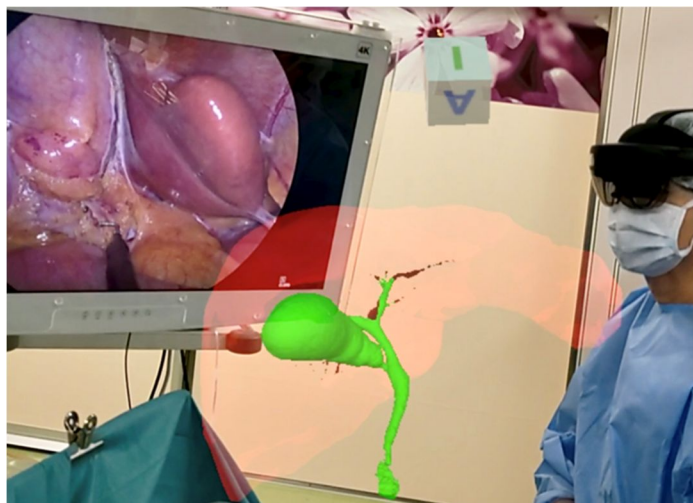


図 1 3D 画像提示下手術の実際  
頭部搭載型 MR 端末を装着すると術野空間に胆嚢と周囲臓器のホログラムが表示される。

#### 4. 研究成果

##### (1) 手術時間、出血量、周術期合併症発生率

手術時間は、3D 画像提示下手術：74.0 分、2D 画像提示下手術：58.0 分であり、両群とも出血量は 0 cc、周術期合併症発生率は 0 であった。(図 2)

##### (2) 3D 画像提示下手術後のアンケート結果

MR 端末の操作性は、中堅医師も熟練医師も半数以上の症例で容易であったと回答した。(図 3A) 3D 画像の視認性については中堅医師は全例で良好であったと回答し、熟練医師は 9 例中 7 例 (78%) で視認性は普通～良好と回答した。また、中堅医師は従来の 2D 画像よりも 3D 画像のほうが見やすいと感じたが、熟練医師は同等と回答した。(図 3B) 解剖理解に関しては、中堅医師はすべての症例で 3D 画像の方が 2D 画像よりも理解しやすいとの回答であったが、熟練医師は解剖理解度は 2D 画像と同等であったと 9 例中 7 例で回答した。(図 3C)

中堅医師は 9 例中 4 例で 3D 画像提示下手術の方が 2D 画像提示下手術よりやり易いと感じた一方、熟練医師は 9 例中 3 例で 3D 提示下手術の方が手術操作しにくかったと回答した。(図 3D)

##### (3) NASA Task Load Index (NASA-TLX)

中堅医師と熟練医師の NASA-TLX スコアは図 4 に示したように、全体的に中堅医師の NASA-TLX スコアは熟練医師よりも低く、Raw-TLX は中堅医師：25.6、熟練医師：52.5 であった。3D 画像提示下手術の総合評価は、5 点満点中、中堅医師 3.1、熟練医師 1.5 と熟練医師の評価が低かった。

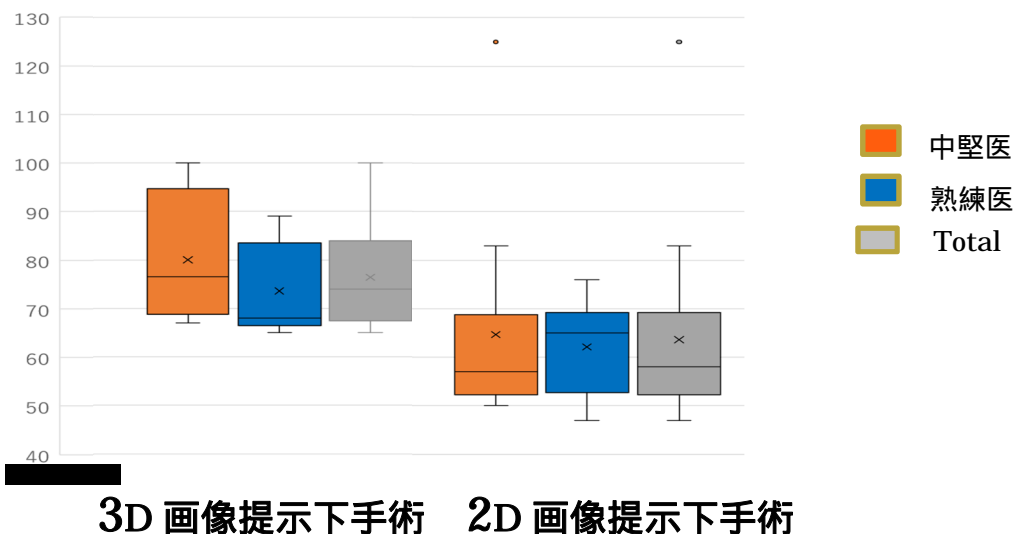


図 2 3D 画像提示下手術と 2D 画像提示下手術の各手術時間

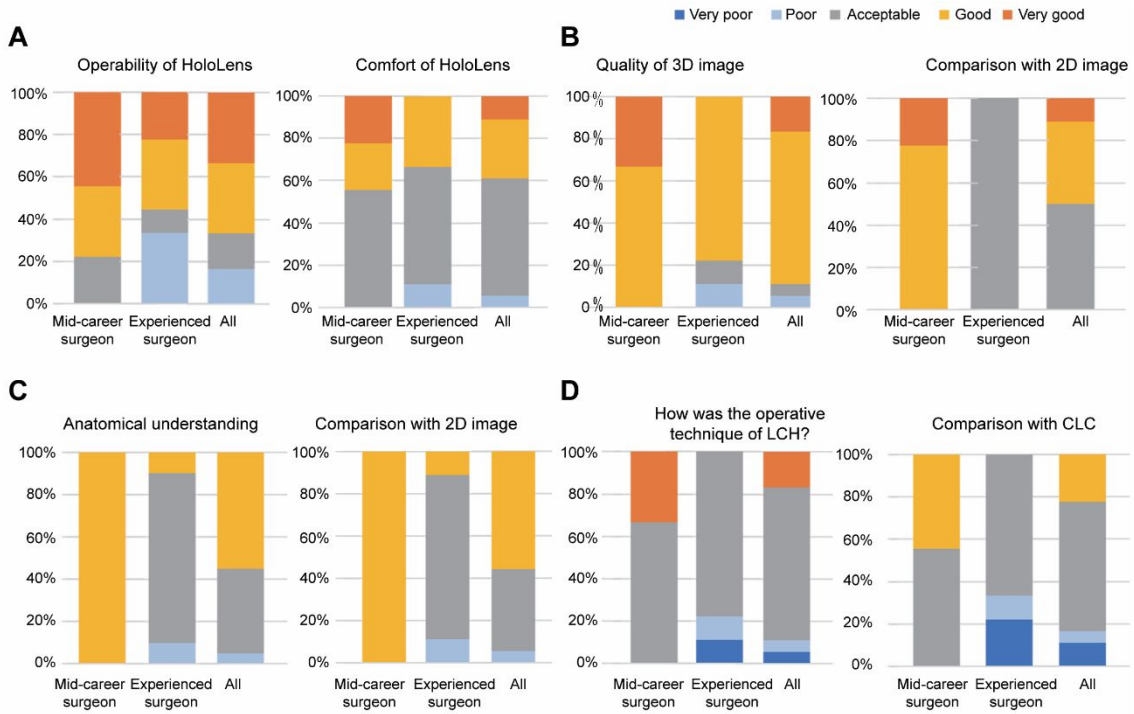


図3 3D画像提示下手術後に実施した術後アンケート結果

LCH:Laparoscopic Cholecystectomy with HoloLens=3D画像提示下手術

CLC:Conventional Laparoscopic cholecystectomy = 2D画像提示下手術

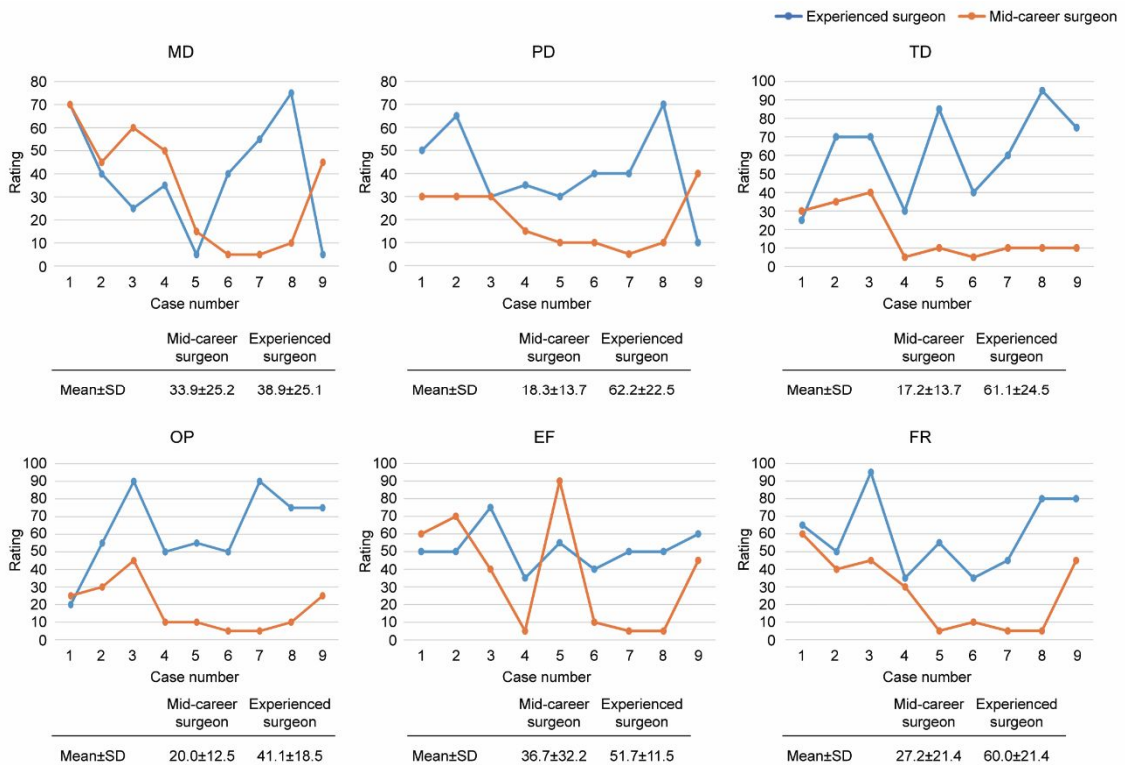


図4 NASA Task Load Index

熟練医：青線、中堅医師：赤線

MD, mental demand; PD, physical demand; TF, temporal demand; OP, own performance; EF, effort; FR, frustration; SD, standard deviation.

#### (4) 結論

今回の研究では、3D 画像提示下手術は 2D 画像提示下手術よりも手術時間は軽度延長するものの、出血量や周術期合併症発生率は 2D 画像提示下手術と同等であり手術の安全性は従来の 2D 画像提示下手術に劣らない結果となった。

また、3D 画像の視認性は 2D 画像より優れるが、有用性に関しては術者の手術経験の程度により評価が別れる可能性が示された。

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 1件）

1. 著者名 Michiko Kitagawa Maki Sugimoto Akiko Umezawa Hidenori Haruta Yoshimochi Kurokawa	4. 巻 171
2. 論文標題 Intraoperative holography navigation using a mixed-reality wearable computer during laparoscopic cholecystectomy	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Surgery	6. 最初と最後の頁 1006-1013
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.surg.2021.10.004.	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 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 北川 美智子 杉本 真樹、千葉 蒔七、山本 海介、春田 英律、梅澤 昭子、黒川 良望
2. 発表標題 Mixed Realityによる術中ホログラフィー提示下单孔式腹腔鏡下胆嚢摘出術の一例
3. 学会等名 第9回Reduced Port Surgery Forum
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 北川 美智子 杉本 真樹 春田 英律 梅澤 昭子 黒川 良望
2. 発表標題 腹腔鏡下胆嚢摘出術における、術者の空間認識力補強を目的としたホログラムナビゲーションシステムの検討
3. 学会等名 第35回日本内視鏡外科学会総会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 北川 美智子 杉本 真樹 春田 英律 梅澤 昭子 黒川 良望
2. 発表標題 Mixed-realityによる術中ホログラムを用いた単孔式腹腔鏡下胆嚢摘出術の一例
3. 学会等名 第10回Reduced Port Surgery Forum
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Seichi Takenoshita Hiroshi Yasuhara editors	4. 発行年 2021年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 131
3. 書名 Surgery and Operating Room Innovation	

〔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	杉本 真樹 (SUGIMOTO MAKI) (70398733)	帝京大学・付置研究所・特任教授  (32643)	
研究分担者	春田 英律 (HARUTA HIDENORI) (20406143)	医療法人社団あんしん会四谷メディカルキューブ(臨床研究管理部)・外科・内視鏡外科・医師  (92655)	

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