

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 14 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26462035

研究課題名(和文) Patient dependent力覚体感型手術エミュレータ開発

研究課題名(英文) Development of a patient dependent surgical emulator with haptic sensation

研究代表者

大城 幸雄 (OSHIRO, Yukio)

筑波大学・医学医療系・講師

研究者番号：10535008

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：われわれが既に開発済みの新肝切除エミュレータソフトは、肝臓を変形して肝切離面を展開する様子をリアルタイムに表現することが可能である。本研究では、力覚提示装置の統合を行った。肝臓の硬さを表すためバルーンを複数個に拡張する機構の製作を行い、バルーン3つ分で構成したシステムの提示性能の検証を行った。バルーンで肝臓の硬さを表現することは可能であった。肝臓モックアップの現在の水平方向の動きに加えて回転方向の自由度を追加することを可能にした。本エミュレータシステムによる術前肝切除リハーサルの有用性をアンケート調査により評価した。対象は筑波大学の医学生4～6年生で概ねアンケートのスコアは高く好評であった。

研究成果の概要(英文)：Our original hepatectomy emulator software we developed can represent the real-time deformation of the liver. In this research, we jointly integrated the haptic device. We made a mechanism to expand the balloon to represent the hardness of the liver. We verified the performance of the presentation for the stiffness of the liver using our system. It was possible to express the hardness of the liver with a balloon. In the future, we will vary the hardness of the liver mock-up according to the pressure of the balloon by the degree of liver cirrhosis. In addition to the current horizontal movement of the liver mock-up, we added degrees of freedom in the direction of rotation. The effectiveness of preoperative hepatectomy rehearsal with this emulator system was evaluated by questionnaire survey. 4th to 6th graders of medical students were participated in this survey. The score of the student was high, this system was highly evaluated, and it was useful for medical education.

研究分野：コンピュータ外科

キーワード：手術シミュレーション ハプティクス バーチャルリアリティ 肝臓

1. 研究開始当初の背景

本研究に関連する動向については、平成 24 年度に「肝臓 3D シミュレーションによる手術画像支援」が保険収載となり、全国の施設が採用し学会での研究活動が活発化している。さらにコンピュータ外科分野の動向として、九州大学大学院先端医療医学講座の橋爪誠教授は、手術支援ロボットの研究開発、最先端コンピュータ技術の臨床導入で日本をリードしているが、今年 1 月にわれわれは橋爪研究室と意見交換会を筑波で開催し、6 月には九州大学先端医工学セミナーにて講演を行うなど交流が深い。

昨今若手医師の外科離れが著しく、今のままでは 20 年後には外科医が 1/3 になるとも言われている。平成 20 年 12 月 22 日に、特定非営利活動法人「日本から外科医がいなくなることを憂い行動する会」が設立されたほどである。この現状は外科医の劣悪な労働条件が一因であるが、外科医の育成には手術技術の習得の為に長期間と多大な労力が必要であることも、外科医が敬遠される一因となっている。若手医師が外科医を志したくなるような、魅力ある外科診療、外科教育を再構築する必要がある。わが国の手術治療の地域格差は 40%以上みられ手術死亡が約 5~10%と安全面にいまだ課題は存在している。全国の医師が地域や病院にかかわらず高いレベルの手術を行うことができるシステム開発を行う必要がある。

2. 研究の目的

われわれは、他大学に先駆けて CT を基に 3D 画像を作成し「肝切除手術における術前シミュレーション・ナビゲーション」を施行してきた。平成 22 年 4 月より、厚生労働省から先進医療認可を受け、手術においてもこれらの研究活用を進めてきた。この計画法はその有用性を認められ平成 24 年度に保険収載となっている。このシステムでは、CT から作成された 3D 画像の切断面をそのまま表示するものであり、血管の走行等を確認することに有用である。さらにわれわれは、富士フィルムメディカル社と共同開発を行い、異なる modality 同士間に適応する正規化相互情報量の位置合わせを行うことで CT と MRCP のフュージョンを可能とした。直接胆管造影 CT あるいは DIC-CT を行うことなく、門脈、肝動脈、肝静脈および胆管を 3D 構築しシミュレーション・ナビゲーションを施行できる。肝胆道系手術において、外科医が注目する最も重要な肝門部の位置合わせを優先させることで、シミュレーション・ナビゲーションとして有用なイメージ作成が可能となった。

しかし、実手術においては肝臓を持ち上げる等の操作が必要であり、若手外科医には 3D 画像での計画と実手術における位置関係が結びつかずスムーズに手術を進めることが困難である。われわれは、実際の手術状況を再現するための新肝切除エミュレータソ

フトを開発した。本エミュレータソフトは患者の CT データから作成した肝臓データに対して世界で初めて変形を伴う肝切除術を再現した。これによって手術の予行ができるため、手術を安全に施行することが可能となった。

本研究では、われわれが開発したエミュレータソフトを力覚提示装置等のデバイスと統合させることを目指す。それらのデバイスと連携させることで、より手術場に近い環境を構築することが可能である。

3. 研究の方法

(1) これまでにわれわれが開発した、「動く新肝切除エミュレータソフト」を、硬さ計測装置および硬さ提示装置からなる力覚 (ハプティクス) 提示装置と統合し、「次世代型力覚体感型肝切除エミュレータシステム」を開発する。

(2) 「次世代型力覚体感型肝切除エミュレータシステム」による術前肝切除リハーサルの有用性をアンケート調査により評価する。

4. 研究成果

われわれが既に独自に開発済みの新肝切除エミュレータソフトは、肝臓を牽引・変形して肝切離面を展開する様子をリアルタイムに表現することができ、切離線、切離面に出現してくる垂区域枝の方向、深さ、タイミングをリアルタイムに体感することが可能である。

本研究では、筑波大学システム情報系知能機能工学域の研究室が行っている力覚提示装置を共同で統合を行った。システムの構築については、バルーンを複数個に拡張する機構の製作を行った。バルーン 3 つ分で構成したシステムの提示性能の検証を行った。バルーンで肝臓の硬さを表現することは可能であった。今後は肝硬変の程度によりバルーンの圧により可変させ適応させていく課題が残った。肝臓モックアップの現在の水平方向の動きに加えて回転方向の自由度を追加することを可能にした。モックアップの損傷の防止が達成された。

本エミュレータシステムによる術前肝切除リハーサルの有用性をアンケート調査により評価した。対象は筑波大学の医学生 4~6 年生。アンケート調査の内容は、1. 肝臓展開時、肝臓切離面や血管を見やすくするために左手で肝臓を開き続けることが重要だと理解できたか。2. 肝臓展開時、血管が次々と現れることを認識できたか。3. 現れた血管の種類が分かったか。4. CUSA 使用時、肝臓から目を離さずにフットスイッチの操作を行えたか。5. CUSA 使用時、CUSA の振動を体感することができたか。6. 今後もこの装置で肝臓手術を体験したいと思うかなどであり、質問 3 を除く質問の点数は 5 年満点で 4 点を超えていた。質問 3 は 3 点と低かったが知識不足が原因と考えられた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 11 件)

- Nakayama K, Oshiro Y, Ohkohchi N. The effect of three-dimensional preoperative simulation on liver surgery World Journal of Surgery. in press 査読有、DOI:1007/s00268-017-3933-7
- Oshiro Y, Ohuchida K, Okada T, Hashizume M, Ohkohchi N, Novel imaging using a touchless display for computer-assisted hepato-biliary surgery, Surgery Today, 査読有, 2017, pp.1-7 DOI:10.1007/s00595-017-1541-7
- Oshiro Y, Ohkohchi N, 3D liver surgery simulation: computer-assisted surgical planning with 3D simulation software and 3D printing. Tissue engineering part A 査読有, 2017, DOI:10.1089/ten.TEA.2016.0528
- 大城幸雄、岡田俊之、倉田昌直、大河内信弘、肝臓 肝離断のプロセスをシミュレートするコンピュータ手術支援、日外会誌、査読有、118(1)、2017、pp.46-50
- Miyamoto R, Oshiro Y, Nakayama K, Kohno K, Hashimoto S, Fukunaga K, Oda T, Ohkohchi N. Three-dimensional simulation of pancreatic surgery showing the size and location of the main pancreatic duct. Surgery Today, 査読有, 47, 2017, pp.357-364 DOI:10.1007/s00595-016-1377-6.
- Oshiro Y, Mitani J, Okada T, Ohkohchi N. A novel three-dimensional print of liver vessels and tumors in hepatectomy Surg Today, 査読有, 47, 2017, pp.521-524 DOI:10.1007/s00595-016-1383-8
- Oshiro Y, Gen R, Hashimoto S, Oda T, Sato T, Ohkohchi N. Neuroendocrine carcinoma of the extrahepatic bile duct A case report World J Gastroenterol, 査読有, 14:22(30), 2016, pp.6960-6964 DOI:10.3748/wjg.v22.i30.6960
- 大城幸雄、AR・VR シミュレーション、日本コンピュータ外科学会誌、Vol.18、No.3、2016、pp.145-147
- 大城幸雄、岡田俊之、三谷 純、宮本恵未、大河内信弘、肝切除支援ツール「3D 肝臓プリントフレームモデル」の開発と手術での運用、月刊新医療、Vol.43、2016、pp.136-139
- 大城幸雄、新規 3D プリントフレームモデルによる肝切除術支援、MEDICAL

TECHNOLOGY、vol.44、 3、2016、pp.230-231

— 宮本良一、大城幸雄、橋本真治、小田竜也、大河内信弘、膵臓の 3D 画像構築と手術、手術、vol.70、 2、2016、pp.177-182

[学会発表](計 19 件)

- 大城幸雄: 3D Virtual Pancreatic Surgical simulation combined with Real-time Deformation using DT-MRI fusion 第3回多元計算解剖学国際シンポジウム 2017.3.8-9 奈良県文化会館・奈良県・奈良市
- 滝澤直輝、矢野博明、圓崎祐貴、大城幸雄、岩田洋夫、大河内信弘: 肝臓手術トレーニングシミュレータのためのバーチャル肝臓提示装置の開発 つくば医工連携フォーラム 2017 2017.1.20 国立研究開発法人物質・材料研究機構・茨城県・つくば市
- 内田 彰、岡田俊之、滝澤穂高、工藤博幸、大城幸雄、大河内信弘: 断面における誤検出した分岐点候補の削除処理を導入した腹部 CT 画像からの欠陥構造の対話的抽出 つくば医工連携フォーラム 2017 2017.1.20 国立研究開発法人物質・材料研究機構・茨城県・つくば市
- 大城幸雄: われわれの医工産学連携戦略 第 29 回日本内視鏡外科学会総会 2016.12.10 パシフィコ横浜・神奈川県・横浜市
- 大城幸雄: コンピュータ手術支援の取り組み ~ 肝胆膵外科から消化管外科まで ~ 第 41 回日本肝臓学会東部会 2016.12.9 京王プラザホテル・東京都・新宿区
- 明石正義、大城幸雄、小川光一、久倉勝治、大原佑介、榎本剛史、小田竜也、大河内信弘: 可変 3D 画像と術野映像へのプロジェクションを用いた鏡視下胃癌手術の AR ナビゲーション 第 25 回日本コンピュータ外科学会 2016.11.27 東京工科大学蒲田キャンパス・東京都・大田区
- 内田 彰、岡田俊之、滝澤穂高、工藤博幸、大城幸雄、大河内信弘: 分岐構造周囲の輝度特徴に基づく腹部 CT 画像からの血管構造の対話的抽出 第 25 回日本コンピュータ外科学会 2016.11.27 東京工科大学蒲田キャンパス・東京都・大田区
- 大城幸雄: 将来の CAS における若手教育と研究者育成 ~ キャリア形成から考える 第 25 回日本コンピュータ外科学会 2016.11.27 東京工科大学蒲田キャンパス・東京都・大田区
- 滝澤直輝、矢野博明、大城幸雄、岩田洋夫、大河内信弘: 肝臓手術シミュレータのためのバーチャル肝臓力覚提示装置 第 25 回日本コンピュータ外科学会 2016.11.27 東京工科大学蒲田キャンパス・東京都・大田区

吉田篤史、掛谷英紀、大城幸雄、大河内信弘：医療用フルHD裸眼立体表示におけるクロストークの低減 第25回日本コンピュータ外科学会 2016.11.27 東京工科大学蒲田キャンパス・東京都・大田区

大城幸雄、大内田研宙、岡田俊之、橋爪 誠、大河内信弘：タッチレスディスプレイを用いたコンピュータ画像支援手術 第25回日本コンピュータ外科学会 2016.11.27 東京工科大学蒲田キャンパス・東京都・大田区

大城幸雄、中山 健、倉田昌直、高野恵輔、橋本真治、小田竜也、大河内信弘：腹腔鏡下肝切除におけるコンピュータ手術支援 第78回日本臨床外科学会総会 2016.11.25 グランドプリンスホテル新高輪・国際パミール・東京都・港区

大城幸雄、中山 健、倉田昌直、高野恵輔、橋本真治、小田竜也、大河内信弘：コンピュータ手術支援による腹腔鏡下肝切除 第11回肝癌治療シミュレーション研究会 2016.9.17 大阪国際会議場・大阪府・大阪市

明石正義、大城幸雄、田村孝史、榎本剛史、久倉勝治、大原佑介、小田竜也、大河内信弘：腹腔鏡下胃切除の拡張現実(AR)ナビゲーション；可変3D画像と術野映像へのプロジェクション 第71回日本消化器外科学会 2016.7.16 あわぎんホール・徳島県・徳島市

大城幸雄、中山 健、宮本良一、高野恵輔、橋本真治、倉田昌直、小田竜也、大河内信弘：Computer-assisted surgical navigation in hepato-biliary-pancreatic surgery 第71回日本消化器外科学会 2016.7.16 あわぎんホール・徳島県・徳島市

大城幸雄、中山 健、高野恵輔、橋本真治、倉田昌直、小田竜也、大河内信弘：コンピュータ手術支援を駆使した肝切除術 第52回日本肝癌研究会 2016.7.1 虎ノ門ヒルズフォーラム・東京都・港区

大城幸雄、岡田俊之、宮本良一、中山 健、高野恵輔、橋本真治、倉田昌直、小田竜也、大河内信弘：肝胆膵外科コンピュータ外科手術支援 第41回日本外科系連合学会学術集会 2016.6.16 ナレッジキャピタルコングレコンベンションセンター・大阪府・大阪市

大城幸雄、中山 健、大河内信弘：コンピュータ手術支援による肝胆膵外科手術の推進と未来 第52回日本肝臓学会総会 2016.5.20 ホテルニューオータニ幕張・千葉県・千葉市

大城幸雄、宮本良一、岡田俊之、中山 健、奥田洋一、高野恵輔、橋本真治、小田竜也、大河内信弘：肝胆膵領域の次世代コンピュータ外科画像支援手術 第116回日本外科学会定期学術集会 2016.4.16 大阪国際会議場・大阪府・大阪市

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://u-tsukuba-vrsurg.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大城 幸雄(OISHIRO, YUKIO)
筑波大学・医学医療系・講師
研究者番号：10535008

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

大河内 信弘(OHKOCHI, NOBUHIRO)
筑波大学・医学医療系・教授
研究者番号：40213673

(4) 研究協力者

()