

平成 30 年 6 月 23 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K01336

研究課題名(和文)内視鏡外科手術における画像処理技術を用いた擬似的視点変更システムの開発

研究課題名(英文)Development of an Endoscopic Pseudo-Viewpoint Alternating System

研究代表者

小幡 聡 (Obata, Satoshi)

九州大学・医学研究院・助教

研究者番号：30710975

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本システムは臨床の現場における術野の死角を、画像重畳(AR技術)を用いて補完し手術の安全性を向上させることを目標に開発を行った。研究期間を通して本システムの精度向上のため、画像処理後に生じていた画像の「歪み」の改善のため、描出される鉗子を、背景となる部位から切り離す処理をシステムに実装することを行った結果、歪みの軽減を得ることができた。

また、水平視野での複雑な環境における本システムの内視鏡外科手術手技への影響を検証し術者の技量を損なうことなく縫合操作を行うことができ、本システムの有用性の可能性について検証することができた。

研究成果の概要(英文)：This goal may be achieved with a virtual reality view for a region of interest from an arbitrary viewpoint. An endoscopic pseudo-viewpoint alternation system for this purpose was developed and tested. Rendering error of the needle was problematic, as surgeons perceive needle direction from needle shape. So we developed rendering error on the needles, implementing the current needle and the forceps on the same plane as rubber sheet. And, Suturing performance improved with the new virtual reality endoscopic display system. Viewpoint alternation resulted in an overview that improved depth perception and allowed subjects to better aim the marker. This suggests the proposed method offers users better visualization and control in endoscopic surgery.

研究分野：小児外科, 画像処理

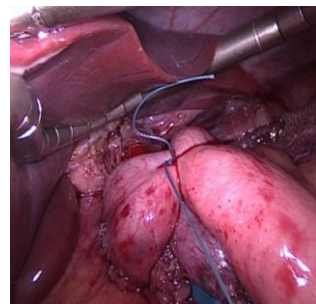
キーワード：内視鏡手術 画像処理 擬似的視点変更

1. 研究開始当初の背景

内視鏡外科手術は、1990年に行われた腹腔鏡下胆嚢摘出術を皮切りに、成人外科領域で発展・進出し徐々に他領域へ適応が拡大されてきている。近年、ハイビジョンシステムや3D映像システムを内視鏡装置に組み込むことにより、より鮮明な画像をモニターに投影することが可能となってきており、内視鏡外科手術の利点である拡大視効果と相俟ってますます発展の途にある。特に、上腹部・横隔膜直下の空間、骨盤腔、小児の体格といった、狭小な空間ではその拡大視効果の恩恵を十分に受けられるといえる。

内視鏡外科手術における内視鏡装置、特にスコープは術者および助手の「目」であるが、特性として水平方向の視野となるため、外科医が慣れている通常の開腹手術の際のような、真上から術野を見下ろした(垂直方向の)視野とは異なり、奥行きを観察が困難で均等に縫合できているかどうかの確認が困難となる。また、内視鏡の挿入位置や鉗子・臓器との干渉により内視鏡先端の位置が著しく制限される場合がある。特に横隔膜直下、骨盤腔、小児の体格においては、手術操作範囲が狭く内視鏡と操作用の鉗子・臓器とが互いに干渉しやすくなり、手術操作に適した視野確保が得られない状況に遭遇する。

また、内視鏡外科特有の手術器具(トロッカー、操作鉗子)によってもたらされる



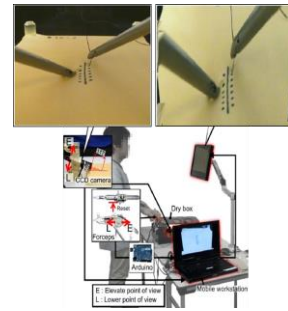
遮蔽領域(死角)が大きくなったり、狭小空間のために生じる狭小な術野で内視鏡や鉗子を操作しなければならない制限が生じたりするため、内視鏡先端を移動させたり、内視鏡を挿入するトロッカーの位置そのものを変更せざるを得なかったりといった障壁がある(右写真)。

この障壁を補完すべく、内視鏡や鉗子が途中で曲がること可能なフレキシブル内視鏡・鉗子の開発・導入がある。これらの器具を利用することができるが、やはり体格の制限があるため、曲げるためのスペースすら確保できないような狭小空間の状況に遭遇することが多いので、なかなか普及していない。これらの背景を踏まえ、申請者および共同研究者は、内視鏡デバイスそのものの形状やサイズを変更することなく視点移動が可能となる技術について検討し、コンピュータ画像処理を用いて、通常術野を描出する内視鏡から得られる画像・映像をコンピュータ処理し、内視鏡先端の位置を変えずに、水平方向からやや見下ろした方向への視野へ移動できるシステム(以下、擬似的視点変更技術)

を試作した(右図)。

2. 研究の目的

術野を描出する内視鏡から得られた画像をコンピュータ処理し、内視鏡の先端位置を変えずに水平方向から垂直方向などへ視野を移動させることが可能な画像システムを構築し、“自由な”視点移動が可能な内視鏡を開発することを目的とする。



3. 研究の方法

1) 擬似的視点変更画像処理システムの精度向上と検証実験

水平視野以外の状況(例えば障害物の多い環境、揺れのある環境など)での内視鏡外科手術手技への影響の可能性を検討する。また、問題点として挙げられた歪みの発生については、描出される鉗子を背景となる部位から切り離す処理(セグメンテーション)をシステムに実装することで改善が期待されるため、アルゴリズムの全体的な改善を行って歪みの軽減に取り組んでいく(Fig. 6)。また、患部形状をリアルタイムかつ自動で取得するコンピュータ画像システムを搭載することが必要と考えられ、早稲田大学を中心に検証を行っていく。また、出来上がった画像システムを適宜検証するため、ラバーシートを用いた検証実験を適宜追加していきフィードバックを行う。

2) ドライボックス環境検証

より臨床に則した状況を想定して有用性を検証する。具体的には、疑似腸管を用いた手術シミュレーターモデル(Fig. 6下)を用いる。これは腹腔鏡下に食道を胃の一部で包んで縫合する操作であるが、水平視野のため奥行きを観察が困難である。この状況下で擬似的視点変更技術を用いると、下写真のように縫合部をやや見下ろした視野へ内視鏡先端を移動させることなく奥行きを観察が可能となる。

このような条件下で、擬似的視点変更技術の有無による縫合誤差の精度比較を、前述対象者に対して検証する。

また、結果を踏まえながら、適宜画像システムについてフィードバックを行い、画像システムの精度向上を図る。



やや見下ろした視野へ変更することが可能。奥の縫合位置の観察が可能となる。

### 3) Live tissue による検証実験

アニマルモデル(Fig. 7)を用いて、腹腔鏡下噴門術を想定した、腹部食道を胃穹窿部でwrappingする操作をこの擬似的視点移動技術の有り無しで行っていただき、その縫合精度を検証する検証実験を行う。

上記ドライボックス・Live tissue による検証実験を重ねていき、“どこから”“どこへ”“どのように”挿入しても内視鏡先端の位置を移動させることなく自由に視点移動ができる内視鏡を開発し、臨床応用へ発展させることを最終目標としており、この画像技術により、水平視野に近く周囲臓器との関係で手術野が狭い状況において、トロッカーの変更・追加なく、また

内視鏡自体を曲げたりすることなく、視点移動が自由自在に行うことが可能となる。さらに組織との干渉を無視した視野の確保、ポートによる内視鏡本体の支点を無視した視野の変更、組織や手術器具による遮蔽部位の観察、などが行えることが期待され、より安全で低侵襲な内視鏡外科治療を提供することが可能となる。最終的には、企業との共同研究により製品化・商品化・実用化を目指す。

### 4. 研究成果

1) 平成 27 年度は、本システムの精度向上とその検証実験を主な目標とした。具体的には、精度向上のために検討していた歪みの改善のため、抽出される鉗子を、背景となる部位から切り離す処理をシステムに実装することを行った結果、歪みの軽減を得ることが可能となった。また、検証実験として水平視野以外での内視鏡手術手技への影響の可能性を検討することを予定していたが、まずは水平視野での複雑な環境における本システムの手術手技への影響を検証することとした。具体的には擬似腸管を用いた手術シミュレーターモデルを用いて、より臨床に則した状況を作りだし本システムの有用性について検証を行った。結果、術者の技量を損なうことなく縫合操作を行うことが可能であったため、本システムの有用性の可能性について検証することができた(下写真。左:視点変更前、右:変更後)。



2) 平成 28 年度・29 年



度は、本システムの精度向上としての「歪み」の改善により術者へ与えるストレスを軽減できていること、複雑な環境での本システムの有用性の可能性を見出すことができた。この結果を踏まえ、より臨床に則した状況で

の本システムの有用性を検討することとし、本研究グループで開発した実際の手術行程や環境を模倣した手術トレーニングシミュレーターを用いて検証実験を設定しデータ収集を開始した。これまでの環境と異なり、より複雑な環境となったため、コンピューターで処理すべき画像データが複雑化したためシステム面での修正・改良が必要となり、予定していた検証とシステム改良がうまく進まなかったため、修正・改良を継続することとなり、研究期間を終了せざるを得ない状況となった。

研究期間は終了したものの、検証は継続しており、実際の臨床現場においても有用な内視鏡画像システムの構築を継続していく予定である。

### 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 4 件)

1. Koreeda Y, Kobayashi Y, Ieiri S, Nishio Y, Kawamura K, Obata S (6<sup>th</sup>), Souzaki R, Hashizume M, Fujie MG. Virtually transparent surgical instruments in endoscopic surgery with augmentation of obscured regions. *Int J Comput Assist Radiol Surg.* 2016 Oct;11(10):1927-36. doi: 10.1007/s11548-016-1384-5. (査読あり)

2. Jimbo T, Ieiri S, Obata S (3<sup>rd</sup>), Uemura M, Souzaki R, Matsuoka N, Katayama T, Masumoto K, Hashizume M, Taguchi T. Preoperative simulation regarding the appropriate port location for laparoscopic hepaticojejunostomy: a randomized study using a disease-specific training simulator. *Pediatr Surg Int.* 2016 Sep;32(9):901-907. doi: 10.1007/s00383-016-3937-7. (査読あり)

3. Koreeda Y, Obata S (2<sup>nd</sup>), Nishio Y, Miura S, Kobayashi Y, Kawamura K, Souzaki R, Ieiri S, Hashizume M, Fujie M. G., "Development and Testing of an Endoscopic Pseudo-Viewpoint Alternating System", *Int J Comput Assist Radiol Surg.* 2015 May;10(5):619-28. (査読あり)

4. Ieiri S, Jimbo T, Koreeda Y, Obata S (4<sup>th</sup>), Uemura M, Souzaki R, Kobayashi Y, Fujie M.G., Hashizume M, Taguchi T. The effect of forceps manipulation for expert pediatric surgeons using an endoscopic pseudo-viewpoint alternating system: the phenomenon of economical slow and fast performance in endoscopic surgery. *Pediatr Surg Int.* 2015 Oct;31(10): 971-976.

(査読あり)

[学会発表] (計 4 件)

1. 小幡 聡, 宗崎良太, 神保教広, 植村宗則, 松岡紀之, 片山 保, 家入里志, 橋爪 誠, 田口智章. 先天性食道閉鎖症に対する胸腔鏡下根治術シミュレーターの開発. 第27回九州内視鏡下外科手術研究会(2017年9月2日)
2. 小幡 聡, 川久保尚徳, 三好きな, 江角元史郎, 宗崎良太, 伊崎智子, 木下義晶, 橋爪 誠, 田口智章. 新生児・乳児の十二指腸狭窄に対する内視鏡的拡張術の経験. 第53回日本周産期・新生児医学会学術集会(2017年7月16-18日)
3. 小幡 聡, 家入里志, 是枝祐太, 小林 洋, 神保教広, 宗崎良太, 藤江正克, 橋爪 誠, 田口智章. 内視鏡外科手術における画像処理技術を用いた疑似的視点変更システムの開発. 第25回九州内視鏡下外科手術研究会(2015年8月29日)
4. 小幡 聡, 家入里志, 是枝祐太, 小林 洋, 神保教広, 宗崎良太, 藤江正克, 橋爪 誠, 田口智章. 画像処理技術を用いた疑似的視点変更システム-狭小空間における手術ナビゲーションへの応用- 第28回日本内視鏡外科学会総会(2015年12月10-12日)

[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 なし

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

小幡 聡 (OBATA, Satoshi)  
九州大学・医学研究院・助教  
研究者番号: 30710975

### (2) 研究分担者

小林 洋 (KOBAYASHI, You)  
大阪大学・基礎工学研究科・准教授  
(前・早稲田大学理工学部 准教授)  
研究者番号: 50424817

田口智章 (TAGUCHI Tomoaki)  
九州大学・医学研究院・教授  
研究者番号: 20197247

橋爪 誠 (HASHIZUME Makoto)

九州大学・先端医療イノベーションセンター・特任教授

研究者番号: 90198664

家入里志 (IEIRI Satoshi)  
鹿児島大学・歯学部医学系・教授  
研究者番号: 00363359

宗崎良太 (SOUZAKI Ryota)  
九州大学・医学研究院・講師  
研究者番号: 10403990

植村宗則 (UEMURA Munenori)  
九州大学・大学病院・助教  
研究者番号: 50636157

神保教広 (JIMBO Takahiro)  
九州大学・医学研究院・共同研究員  
研究者番号: 10650559

(3) 連携研究者 なし

(4) 研究協力者

是枝祐太 (KOREEDA Yuta)