

令和 6 年 6 月 7 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K08667

研究課題名（和文）腹腔鏡下手術におけるAIを用いた自動追尾カメラシステムの開発

研究課題名（英文）Development of an AI-based automatic tracking camera system for laparoscopic surgery

研究代表者

金治 新悟（Kanaji, Shingo）

神戸大学・医学部附属病院・准教授

研究者番号：10637052

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）：本研究の目的は、人工知能（AI：Artificial Intelligence）を用いて手術映像中の術具をリアルタイムに認識させ、その術具をカメラ保持ロボットに追尾させることで腹腔鏡手術のカメラ操作を完全に自動化させることである。本研究は省人化によって外科医不足を解消するだけでなく、標的とカメラの最適な距離の自動調整など外科医が行うカメラ操作を超越する機能を有することで手術の質と安全性の向上も期待できる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

This research is expected not only to solve the shortage of surgeons by reducing manpower, but also to improve the quality and safety of surgery by having functions that transcend the surgeon's camera operation, such as automatic adjustment of the optimum distance between the target and the camera.

研究成果の概要（英文）：The purpose of this research is to fully automate camera operation in laparoscopic surgery by using Artificial Intelligence (AI) to recognize surgical instruments in real time in surgical images and having a camera-holding robot track the instruments. This research is expected not only to solve the shortage of surgeons by reducing manpower, but also to improve the quality and safety of surgery by having functions that transcend the surgeon's camera operation, such as automatic adjustment of the optimum distance between the target and the camera.

研究分野：内視鏡外科手術

キーワード：人工知能 腹腔鏡ロボット

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

本邦の外科医数は1998年以降、減少の一途をたどっており（上尾ら，日外会誌，2017）、特に地方においては外科手術の集約化が必要とされている。一方でロボット工学をはじめとする科学の進歩は目覚ましく、外科医不足を医工学技術で補うことが期待される。

近年保険収載されたマスタスレーヴ型の手術支援ロボットは精緻な手術操作を可能とするが、助手によるロボット鉗子やカメラの挿入などのアシスト操作は必要で省人化や手術時間の短縮には直接的に寄与できていない。乗用車の自動運転技術のように外科手術が部分的にでも自動化すれば、執刀医の負担は軽減し、さらに省人化によって外科医不足が解消できる。医療分野以外では既にAIを用いた自動追尾カメラシステムが開

図1 腹腔鏡操作の自動化がもたらすもの



発、市販されており、われわれは腹腔鏡操作に関してもAIを用いて自動化が可能ではないかと着想した（図1）。腹腔鏡のカメラ操作の自動化が実現すれば、手術件数の増加や外科医の労働時間短縮が期待され、従来スコピストを中心に担当していた若手医師の執刀や第一助手の機会の増加も期待できる。

2. 研究の目的

人工知能（AI：Artificial Intelligence）を用いて手術映像中の術具をリアルタイムに認識させ、その術具をカメラ保持ロボットに追尾させることで腹腔鏡手術のカメラ操作を完全に自動化させることである

3. 研究の方法 図2

【令和3年度】

(3)-1 物体検出モデル（YOLOv3）による手術映像中のエネルギーデバイスの自動認識
胃癌に対する腹腔鏡下幽門側胃切除ビデオから作成した2万以上の学習データ画像から構築した物体検出モデル（YOLOv3）を用いて、リアルタイムでのエネルギーデバイスの自動検出を行う。

(3)-2 腹腔鏡の至適な撮影位置を算出

トレーニングボックスを用いてYOLOv3で検出されたエネルギーデバイスの矩形の座標、面積を測定しカメラ先端とデバイス間の至適な位置関係を設定する。さらにカメラ保持ロボットの三次元方向動きがカメラで撮影された動画に与える変化も測定する。さらに外部に設置した2点のカメラからトレーニングボックス外の腹腔鏡とデバイス把持部位を撮影し、映像中のボックス外の腹腔鏡とデバイスをそれぞれYOLOv3で検出する。

さらに左右のカメラの視差からボックス外の腹腔鏡とデバイス把持部の3次元位置を算出することで、トラッカーを用いることなく、それぞれの先端のボックス内における3次元位置を近似して算出可能とする。

【令和3年度以降】

(3)-3 カメラ保持ロボットの自動操作

3Dプリンターで作成した動力ユニットをSOLOassistIIのリモコンに装着する。腹腔鏡先端がデバイス先端を撮影するために至適な3次元位置に移動する

ようにシングルボードコンピュータ (Raspberry Pi) を介して動力ユニットをコントロールすることで、SOLOassistIIを自動で操作することを可能とする。以上をトレーニングボックスで動作確認、調整する。

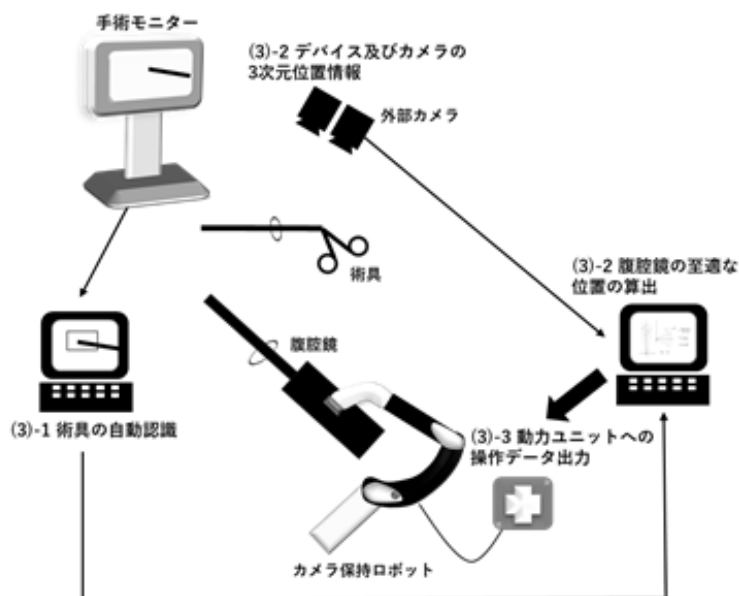
(3)-4 8K腹腔鏡システムへの応用

8Kカメラシステムにおけるズーム機能を用いた各倍率における至適な距離設定を8Kシステム販売メーカーであるエア・ウォーター・バイオデザイン(株)と協力し、トレーニングボックスで設定する。8Kシステムのズーム機能を使用した状況でも各倍率で自動追尾が可能となるよう調整する。

(3)-5 動物実験による追尾システムの動作確認

生体ブタを用いて腹腔鏡下幽門側胃切除を行い、開発した追尾システムを用いた腹腔鏡の動作に対して精度検証を行う。

図2 自動追尾システムによる腹腔鏡手術



4. 研究成果

SOLOassistII と通常のカメラ操作の動きの違いについて基礎実験を行い、SOLOassistII は人間の行うカメラ操作に比べて遜色ない動きが可能であることを明らかにした (Kudo T, Kanaji S, et al. Surg Innov. 2023)。

続いて、実際に手術で使用している様々な手術デバイスを手術画像から自動認識するようにアノテーション作業を行った。最終年度には8K腹腔鏡システムの映像から自動画像認識システムによってカメラ保持ロボットが対象を自動追尾するように基礎実験を行う予定であったが、8Kカメラシステムの調達が困難であり、通常の2Kカメラシステムで代用して実験を行うこととした。研究期間は終了したが、引き続き8K腹腔鏡システムの映像から自動画像認識システムによってカメラ保持ロボットが自動操作できるようにシステム開発を継続する予定である。

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 0件）

1. 著者名 Kudo T, Kanaji S, Harada H, Ohmura Y, Sawada R, Urakawa N, Goto H, Hasegawa H, Yamashita K, Matsuda T, Oshikiri T, Kakeji Y	4. 巻 30
2. 論文標題 Evaluation of the Efficiency of a Joystick-Guided Robotic Scope Holder Compared to That of Human Scopists: A Prospective Trial	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Surg Innov	6. 最初と最後の頁 564, 570
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1177/15533506231157039	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0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

実際に手術で使用している様々な手術デバイスを画像から自動認識するようにアノテーションを行い、手術映像中の術具を自動識別することは可能となった。しかし、自動識別させた情報をもとにカメラが自動追尾するシステムの確立には至らなかった。

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	掛地 吉弘 (Yoshihiro Kakeji) (80284488)	神戸大学・医学研究科・教授 (14501)	
研究分担者	佐藤 嘉伸 (Yoshinobu Sato) (70243219)	奈良先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・教授 (14603)	

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	山崎 悠太 (Yuta Yamazaki) (60817823)	神戸大学・医学部附属病院・医員 (14501)	
研究分担者	工藤 拓也 (Takuya Kudo) (80868646)	神戸大学・医学部附属病院・医員 (14501)	

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