

令和 6 年 6 月 13 日現在

機関番号：15101

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H03566

研究課題名（和文）自動音声による挿入指導および評価機能を有する大腸内視鏡シミュレータシステムの開発

研究課題名（英文）Development of a colonoscopy simulator system with automatic voice insertion guidance and evaluation functions

研究代表者

植木 賢（UEKI, Masaru）

鳥取大学・医学部・教授

研究者番号：60542256

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,100,000円

研究成果の概要（和文）：近年、大腸がんの患者は増加しており、内視鏡検査の重要性が高まっている。しかし、検査における最大の問題点は、内視鏡の操作が難しく、腸に穴があく危険性があることである。ところが、現在は検査者の技量を評価する手段がないため未熟な医師であっても検査を行っており、医療事故を起こす危険性がある。そこで本研究では、操作中の画像ならびに音声を記録する機能を開発し、押圧力や画像情報、挿入状況等に応じて自動挿入案内や指導を行うとともに、技能の客観評価ができるシステムを開発し、教育効果を高めるだけでなく、IoTデバイスとして世界中からの手技データを収集できる新たなシステムを構築した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、新たな機能を搭載した次世代モデルを研究・開発し、検査者の自主学習を可能にするシステムを開発した。具体的には、操作中の画像ならびに音声を記録する機能を開発し、押圧力や画像情報、挿入状況等に応じて自動挿入案内や指導を行うとともに、技能の客観評価ができるシステムである。これらの研究成果を踏まえ、新たな大腸内視鏡シミュレータ ミコトを2023年6月15日に製品化、上市した。本システムにより、初学者および専門医の内視鏡手技習熟度を定量化でき、また、専門医認定において達成すべき要件を明確化することにも期待ができ、2024年度の多施設共同研究へと計画を進めている。

研究成果の概要（英文）：In recent years, the number of patients with colorectal cancer has increased, and the importance of endoscopy has increased. However, the biggest problem with the test is that the endoscope is difficult to operate and there is a risk of perforating the intestine. However, there is currently no way to evaluate the skill of the examiner, so even inexperienced doctors are performing the examination, which poses a risk of medical accidents. Therefore, in this research, we developed a function to record images and sounds during operation, provide automatic insertion guidance and instruction according to the pressing force, image information, insertion status, etc., and develop a system that can objectively evaluate skill. , we have built a new system that not only increases the effectiveness of education, but also collects procedure data from all over the world as an IoT device.

研究分野：消化器内科 医学教育学

キーワード：大腸内視鏡シミュレータ 手技定量化 自主学習 IoT

## 1. 研究開始当初の背景

近年、大腸がんの患者は増加しており、令和元年の死亡数は5万681人である。とくに、女性のがん死亡数では第1位となっている。大腸がんの予防・治療には、内視鏡で早く見つけ、がんを切り取ることが肝要であるため、内視鏡検査の重要性が高まっている。しかし、内視鏡検査は痛みを伴うため、受診を控える患者も多い。加えて、検査における最大の問題点は、内視鏡の操作が難しく、先端および湾曲部で腸を圧迫するため、穴があく危険性があることである。腸に穴があくと、便が漏れ出て汚染され、患者が命を落とすことさえある。ところが、現在は検査者の技量を評価する手段がないため、未熟な医師であっても検査を行っており、医療事故を起こす危険性がある。

近年、このような危険性を低減するため、医学教育では手技の上達を図るためのシミュレータ教育が重視されている。しかし、内視鏡の訓練を行う際には、指導医が忙しく時間を割けないことに加え、個人で訓練できる効果的なシミュレータが無いという課題がある。また、専門医認定において内視鏡操作手技の習熟度を定量化する方法が無いため、審査員によって点数がばらつくといった課題もみられる。さらに、コロナ禍後の実習の在り方として、3密を回避しながらも学習効果の高いシミュレータが望まれている。そのため、個人訓練にも適したシミュレータを開発し、医療の安全性を担保するとともに、医療手技認定の客観性を高めることは喫緊の課題である。

## 2. 研究の目的

### 上部消化管（食道・胃・十二指腸）に関するこれまでの取組：

申請者らは、内視鏡の周辺粘膜への押圧を測定し、咽喉頭反射および人の反応を示す上部消化管内視鏡用シミュレータロボット“ミコト”の開発・製品化に成功した（図1）。



図1. 内視鏡用シミュレータロボット“ミコト” *Development of a novel humanoid-robot simulator for endoscope with pharyngeal reflex and real-life responses.*

Ueki M, Uehara K, Isomoto H. *Dig Endosc.* 30(5): 684-685. 2018.

“ミコト”は、検出した圧力に応じて咽頭反射や咳嗽、開口/閉口、眼瞼開閉、発語、頸部屈曲などの反応を示す人型シミュレータロボットである。

### 本研究テーマである下部消化管（大腸）について：

これまで、内視鏡の押圧力が2~3kg/cm<sup>2</sup>を超えると大腸に穴があくことが報告されていた（*Colonic perforation and serosal tears associated with colonoscopy. Uno Y, et al. Lancet 28: 349, 1997.*）が、大腸内視鏡検査において初学者および専門医における押圧力の差や医師の姿勢を調べた報告は無かった。本研究では、内視鏡の押圧力と医師の姿勢観察を組み合わせた大腸

内視鏡シミュレータを開発する。さらに、学習支援システムとして活用できるだけでなく、認定試験において、客観的に医師の手技を評価できる製品として世界に広がり、専門医認定の手法そのものに大きな変革をもたらすと考える。

### 3. 研究の方法

(1) 内視鏡用シミュレータロボット“ミコト”を基盤に、画像解析機能を備えた大腸用モデルを作製

(2) 学習者と指導医の会話を含めた検査手技記録とIoTによるデータ蓄積システムを開発

(3) 挿入状況に応じ自動で指導を行う大腸内視鏡シミュレータを用い、臨床試験により、初学者とベテラン医師の手技を比較し、内視鏡操作の習熟度に関する指標を作成

これまで開発に成功した押圧値を定量化できる上部消化管用シミュレータロボット“ミコト”を基盤に、医師の骨格情報や内視鏡の挿入長、捻り角度、アングル操作、検査者の顔表情など、画像解析機能を備えた大腸用のモデル(特許出願番号：特願 2019-101754 . 発明者:鳥取大学 植木、藤井他)を作製する(図2)。

#### ■ 操作情報の取得

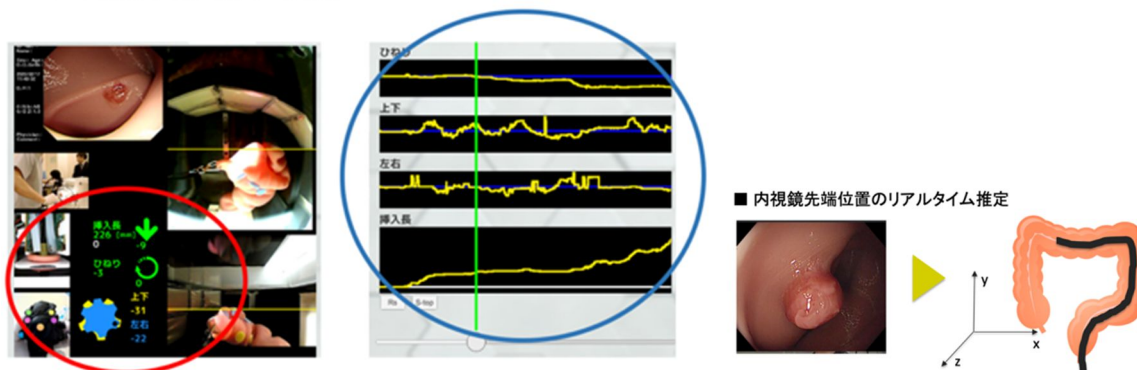


図2. 申請者らが考案した特許技術に基づく画像解析システム(準備段階)

本機器は、内視鏡の挿入長やアングル操作履歴、腸管の変位等の情報から、内視鏡の先端位置を解析して知らせる機能を有しており、押圧力と組み合わせると手技を多角的に評価できる画期的なシミュレータである。そのため、全世界への輸出販売も見据え、開発段階から、大腸用シミュレータの市場価格を意識した設計を行う。

### 4. 研究成果

本研究では、これまでに開発した内視鏡にかかる押圧力を評価できるシミュレータロボットを基盤として、新たな機能を搭載した次世代モデルを研究・開発し、検査者の自主学習を可能にするシステムを構築した。具体的には、操作中の画像ならびに音声を記録する機能を開発し、押圧力や画像情報、挿入状況等に応じて自動挿入案内や指導を行うとともに、技能の客観評価ができるシステムである。また、全世界への輸出販売も見据え、開発段階から、大腸用シミュレータの市場価格を意識した設計としたため、アタッシュケースの中に大腸シミュレータを搭載し、可搬性と堅牢性を確保した(図3)。

## mikoto 大腸内視鏡モデル



### 人体の大腸をリアルに再現

- 柔らかい素材・滑り感
- 皺の形状や質感
- ポリープの配置

### 手技レベルの見える化

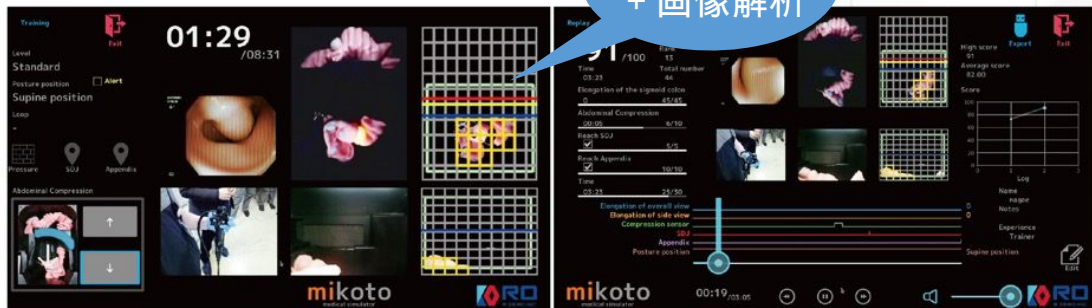
- 難易度が3段階に変更可能
- 手技の点数評価
- 動画保存機能による自己学習



圧センサー  
+ 画像解析

人体の腸管挿入の感覚を再現

▲モデル内腔



▲トレーニング中の画面

▲トレーニング再生中の画面

図3. 本研究で作成した大腸内視鏡シミュレータ mikotoと機能・特徴

最終年度では、これまでの研究成果を踏まえ、新たな大腸内視鏡シミュレータ mikotoを2023年6月15日に製品化、上市した。また、初学者および専門医の手技の習熟度を定量化するため、試験を実施した。手技の上達度だけでなく、音声と画像の記録により、学習者の理解度を深めるとともに、IoTデバイスとして世界中からの手技データを収集できる新たなシステムとなった。さらに、海外の学会等で製品の展示と使用感の体験により、120台以上の受注を受け、活用が始まった。

本シミュレータは医師の手技を定量化しフィードバックすることによって教育効果を高めるだけでなく、専門医認定において達成すべき要件を明確化することが期待でき、2024年度の多施設共同研究へと計画を進めている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0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 勝山隼, 藤井政至, 上原一剛, 植木賢, 磯本一, 近藤克哉	4. 巻 vol.122, no.417
2. 論文標題 内視鏡画像内の光源反射を考慮したCNNによる撮影部位推定	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告	6. 最初と最後の頁 199-204
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 -

〔学会発表〕 計0件

〔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	近藤 克哉 (KONDO Katsuya) (00295750)	鳥取大学・工学研究科・教授  (15101)	
研究分担者	上原 一剛 (UEHARA Kazutake) (10324998)	米子工業高等専門学校・その他部局等・准教授  (55101)	
研究分担者	高橋 洋一 (TAKAHASHI Youichi) (40594271)	鳥取大学・医学部・助教  (15101)	
研究分担者	藤井 政至 (FUJII Masashi) (40762258)	鳥取大学・医学部・特任教員  (15101)	

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	三好 雅之  (MIYOSHI Masayuki)  (60632966)	鳥取大学・教育支援・国際交流推進機構・准教授    (15101)	
研究分担者	磯本 一  (ISOMOTO Hajime)  (90322304)	鳥取大学・医学部・教授    (15101)	
研究分担者	古賀 敦朗  (KOGA Atsuro)  (90563891)	鳥取大学・研究推進機構・准教授    (15101)	

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