

厚生労働科学研究費補助金  
政策科学総合研究事業（臨床研究等 ICT 基盤構築・人工知能実装研究事業）  
分担研究報告書

ロボット型内視鏡操作支援システムの AI による高度化と  
各種医療機器統合インターフェースとしての展開に関する研究

研究分担者 小坂太一郎 長崎大学病院 移植・消化器外科 助教  
伊藤信一郎 長崎大学病院 移植・消化器外科 講師  
足立 智彦 長崎大学病院 移植・消化器外科 講師

研究要旨

ロボット型内視鏡操作支援システムに AI を組み込むことで、術中に外科医を適切にサポートするシステムとして発展させ、同時に、各種術中のデータを体系的に統合・収集できるインターフェースとしても機能させることを目的とする。

本年度は AI システムの構築として、AI システムに対する学習用の手術時動画、静止画を用いたデータベースの構築の基礎を完成。また、改良を行った内視鏡操作支援ロボットにデータベースを基にした AI を用いた手術ナビゲーションシステムを組み込み、ブタの胆嚢摘出術モデルで動作検証を実施した。

A. 研究目的

当研究グループは、離島医療など外科医数が少ない環境下でも腹腔鏡手術が施行できる新規デバイスを目指し、内視鏡担当医に代わって腹腔鏡を支持し、術者の操作信号に沿って腹腔鏡の操作を行うロボット型内視鏡操作支援システムの開発に取り組んでいる。本研究課題では現在開発を進めているロボット型内視鏡操作支援システムに AI を組み込むことで、術中に外科医を適切にサポートするシステムとして発展させることを目的としている。本システムは、外科医の負担軽減と精度の高い判断を支援すると同時に、各種術中のデータを体系的に統合・収集できるインターフェースとしても機能する。具体的には本研究は次の二つの研究目的を有する。

(1) 上記内視鏡操作支援システムに AI を組み込み、事前に熟練外科医の内視鏡操作を学習させることで、熟練の内視鏡担当医のような腹腔鏡操作を可能とし、より確実にスムーズな一人手術を実現する。

(2) AI によるナビゲーション機能の実装とそのためのデータベースの構築方法および標準化の方法を検討する。

開発するシステムは、一人手術の実現に加えて、若手外科医の執刀時に、あたかも熟練外科医が内視鏡担当として立会い、内視鏡操作を行うと同時にアドバイス提供を行うような高度な外科手術サポート機能を実現する。

## B. 研究方法

昨年度は以下の課題に取り組んだ。

課題1) 操作支援、(自動操作) ナビゲーションシステムのためのデータベースの構築(データベース共通化・標準化の検討含む)

課題2) AI 知能化とその評価を目的としたロボット型内視鏡操作システムの製作、改良

昨年度は胆嚢摘出術 50 以上の手術画像をマーキングし教師画像を作成。胆嚢、胆嚢管、総胆管の各所の部位を学習させ、術中ナビゲーションシステム、操作支援、自動運転システムの根幹となるデータベースを構築した。

また、AI ナビゲーション、操作支援、自動運転システムを搭載すべく、当科で開発した内視鏡操作支援システムの改良を行い、操作性の向上を獲得した。

以上を踏まえ、本年度は以下の課題に取り組んだ。

課題1) 操作支援、(自動操作) ナビゲーションシステムのためのデータベースの改良

昨年度、独自ネットワークを応用した AI を用いた手術画像診断システムにおいて、検証画像を用いたテストで、85%以上の臓器判別率を確認した。本年度は更なる診断精度向上に向けて症例 N=100 を目標に教師学習画像(静止画)を作成。更なる手術画像学習を行った。

(江口、伊藤、足立、小坂、(収集情報の決定、収集方法の検討担当)喜安、柴田(情報収集技術担当))

課題2) AI 知能化とその評価を目的としたロボット型内視鏡操作システムの製作、改良

すでに構築したロボット型内視鏡操作支援器具は、ブタを用いた動物モデルを用いた安全性の確認を施行しており、更なる操作性および実用性向上のためのハードウェア構成に関して以下の改良を実施。

内視鏡支持部品の滅菌可能化、装置本体からモータや回路など電氣的設備の分離

現在の内視鏡操作支援ロボットは本体にモータやモータドライバなどの電気系統を内蔵している。これらを本体から切り離し、ワイヤー駆動方式とすることで、本体をまるごと清掃、滅菌可能とすることを検討する。本体の詳細設計および製作は自動車用ドア窓の駆動ユニットの最大手で多数のワイヤー駆動ユニットの製品群を有する株式会社ハイレックスコーポレーションに依頼。自動車用の駆動ユニットの採用で駆動系の信頼性向上および装置本体の大幅なスリム化実現を図った。

課題3) 手術ナビゲーション機能の実装

データベースを学習した AI 画像診断システムを元に、リアルタイムに画面上に臓器(胆嚢、総胆管、胆嚢管など)を色調変化として臓器上に重ねて表示。画面上の適切な位置に適切なタイミングで執刀医の安全・確実な施術に役立つ情報をリアルタイムで提示する術中画像ナビゲーションシステムを確立。

課題5) 内視鏡操作支援機能の実装

課題6) 内視鏡自動操作機能の実装

操作支援、自動操作機能に重要となる対象物追尾機能を内視鏡操作支援システムに実装。対象物をナビゲーションシステムで確認し、その画像情報を基に、追尾したい対象臓器、部位を判断し、これを追尾、センタリ

ングすることで上記の機能実現を図る。

ただし、微調整を従来の操作入力システムであるヘッドセットを利用した人的操作で可能とする。

改良型内視鏡操作支援システムの完成後に、AI 搭載手術画像診断システムを搭載した術中ナビゲーションシステム、操作支援システム、自動操作システムの実証を行うべく、ブタ手術モデルを用いた評価を行った。(n=1)

(諸菱、柴田、喜安)

## C. 研究結果

課題 1) 操作支援、(自動操作) ナビゲーションシステムのためのデータベースの改良

昨年同様に胆嚢摘出術内視鏡手術動画よりキー画像となる、静止画を抽出。これに胆嚢、胆嚢管、総胆管部位を外科医がマーキングしたものを教師画像として、AI 画像診断システムに学習を施行させた。また、検証画像を用いて画像診断精度の検証を行った。画像診断の正診率は 85%以上と良好な結果を示した。

課題 2) AI 知能化とその評価を目的としたロボット型内視鏡操作システムの製作、改良

ワイヤー駆動による操作を実現し、操作性、軽量化によるポータビリティの向上を実現した。また、手術野に行けるパーツをすべて滅菌可能化し、臨床応用可能な状態とした。

課題 3) 手術ナビゲーション機能の実装

課題 5) 内視鏡操作支援機能の実装

課題 6) 内視鏡自動操作機能の実装

データベースを学習した AI 画像診断システムを元に、リアルタイムに画面上に臓器(胆嚢、総胆管、胆嚢管など)を色調変化として臓器上に重ねて表示。画面上の適切な位置に適切なタイミングで執刀医の安全・確実な施術に役立つ情報をリアルタイムで提示する術中画像ナビゲーションシステムを確立した。

また、操作支援、自動操作機能に重要となる対象物追尾機能を内視鏡操作支援システムに実装。これとナビゲーションシステムの画像データを組み合わせて、対象臓器をセンタリングするシステムを実装した。

これをブタ手術モデルで検証した。ブタモデルでは内視鏡画像診断システムの実装動作、内視鏡操作支援システムの体操物自動追尾システムの実装動作確認を行った。

## D. 考察

以下に本研究の成果と思われる項目を挙げる。

課題 1) 操作支援、(自動操作) ナビゲーションシステムのためのデータベースの改良

正常臓器は N=100 程度の学習によるデータベースを基にした画像診断システムで十分な正診率を得られた。今後は出血などのトラブル症例の学習を進め、どのような場面でも正診率高く画像判断ができるデータベース構築を目指す。

課題 3) 手術ナビゲーション機能の実装

課題 5) 内視鏡操作支援機能の実装

課題 6) 内視鏡自動操作機能の実装

内視鏡操作支援システムに手術ナビゲーション、内視鏡操作支援、自動操作機能の実装を行い、動物実験において基本機能の実装可能であることを確認した。しかし、いず

れのシステムも現時点では精度が低いため、より精度を高めるべく、データベースの改良、操作支援、自動操作機能の改良を行っていく。

#### E．結論

本年度で、AI システムのための学習データの収集・作成を完了し、術中ナビゲーションシステム、操作支援、自動操作機能の実装までを施行し得た。現時点では更なる制度の向上に向けてシステムの改良、検証を施行していく必要がある。

#### F．健康危険情報

#### G．研究発表

なし

#### H．知的財産権の出願・登録状況( 予定を含む。)

なし