

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（内視鏡操作ロボットの開発）  
に関する研究

研究分担者 諸麥 俊司 中央大学 理工学部 准教授

研究要旨

本研究課題ではこれまで開発に取り組んできたロボット型内視鏡操作支援システムに AI を搭載し、内視鏡の自動操作機能と術者支援機能を追加する。具体的には、まず AI に熟練外科医の内視鏡操作を学習させ、手術中に適宜内視鏡操作のアシストや自動操作を行う機能を実装する。次に、内視鏡操作だけでなく AI によるナビゲーション機能を実現し、内視鏡手術を総合的に支援するシステムを構築すると同時に、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。本年度は主に内視鏡操作ロボットの開発および術者操作時の操作性向上に取り組んだ。

A. 研究目的

これまで開発してきた内視鏡操作支援ロボットに AI を搭載し、内視鏡操作支援に加え、手術ナビゲーションの機能を実装し、内視鏡手術を総合的に支援するシステムへと展開を図る。その中でも特にロボットの製作と制御を担当する。

また、AI 操作時においても、術者がいつでも視野を補正可能とする手段は必要であり、術者の作業を妨げることなく、快適に使用可能な頭部装着型の入力装置の開発にも取り組んだ。開発したロボットと頭部装着型入力装置を図 1 および図 2 にそれぞれ示す。

B. 研究方法

これまでの内視鏡操作支援ロボットの研究で得た経験を踏まえ、本研究課題で実現する手術支援システムに適した内視鏡操作ロボットを開発した。

昨年度において中央大学で開発した内視鏡操作ロボットと長崎大学情報工学部で開発した胆嚢および胆嚢管認識 AI と接続し、生体ブタによるテストを通して AI から渡された胆嚢管の位置情報を元に画面上の所定位置に胆嚢管を捉えるよう自動制御する機能の実現が確認された。

本年度は、長崎大学情報工学部が新たに開発した臓器トラッキングシステムと接続し、臓器が動いても自動追尾する機能の実装に取り組んだ。



図 1 内視鏡操作ロボット



図 2 頭部装着型入力装置

(倫理面への配慮)

中央大学で内視鏡ロボットの開発および機能評価試験を実施するにあたって中央大学の倫理審査の承認を受けて実施した。動物実験については長崎大学にて、同大学の倫理委員会の承認を得て行い、動物実験倫理に準じて施行した。

#### C. 研究結果

開発した内視鏡操作ロボットと、長崎大学工学部の開発した AI とを接続し、生体ブタモデルを用いた手術でのテストを通して、AI から胆嚢管の位置および大きさの情報を渡されると、胆嚢管を常時画面上の所定位置に捉える自動操作の実現を確認した。

また、ドライボックスを用いて頭部装着型入力装置による内視鏡ロボット操作の操作性評価実験を実施した。ドライボックス内での模擬手術タスク実施に要する時間を、スコピストによる内視鏡操作の場合と、ロボットを用いた術者自身の内視鏡操作の場合とで比較したところ、術者による内視鏡操作においては腹腔内鉗子作業の作業効率は、スコピストによる内視鏡操作の場合の 1/2 から 2/3 程度となることが確認された。得られた結果は国際会議 ISMCR2019 で発表した。

ドライボックスでの実験では術者の一人二役となるため、スコピスト操作の場合より手術に時間を要する結果となった。しかし生体ブタモデルを用いた AI による内視鏡操作を術者が修正・微調整するテストにおいては十分な操作性が実現されていると術者から高い評価を得た。

#### D. 考察

開発した内視鏡操作ロボットおよび頭部装着型入力装置を長崎大学の AI およびトラッキングシステムと接続し、コンピュータおよび術者からの指令に沿ってロボットが内視鏡を操作する基本機能の実現を確認できた。トラッキングシステムとの接続については、一部データ送受信ルールの不一致のために、動作が不安定になる場面がみられたが、これは容易に修正可能と考えられる。

また、実験により頭部装着型入力装置によって術者自身が内視鏡操作を行った場合の作業効率への影響を定量的に示すことができた。

本研究を通して、AI から受け取った指令値に基づいた内視鏡のオペレーションに関してはほぼ想定された機能をロボットに実装することができた。また実験を通して内視鏡の自動操作や操作支援機能の実装のための基礎データが得られた。

#### E. 結論

AI を搭載した内視鏡ロボットによる術中の内視鏡自動操作および操作支援の実現へ向けて、大きな進展を得た。

#### F. 健康危険情報

なし

#### G. 研究発表

##### 1. 論文発表

なし

##### 2. 学会発表

- 1) M. Arai, T. Omori, S. Moromugi, T. Adachi, T. Kosaka, S. Ono, S. Eguchi, A robotic laparoscope holder operated by jaw movements and triaxial head rotations, *Proc. of 2019 IEEE International Symposium on Measurement and Control in Robotics (ISMCR)*, A1-5, Huston, TX, USA, Sep. 21, 2019.

#### H. 知的財産権の出願・登録状況(予定を含む。)

##### 1. 特許取得

特許出願(特願 2020-028432)

発明の名称:内視鏡操作支援システム及び内視鏡システム

出願日:2020年2月21日

発明者:小坂太一郎、江口晋、足立智彦、諸麥俊司

##### 2. 実用新案登録

なし

##### 3. その他

なし