

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 助教

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に取り組んだ。

当該手術 100 例に関する手術画像データを解析し、各症例で 30-50 程度の動画を作成。これに対し、胆嚢をはじめとする各臓器にデジタルマーキングを行い、蓄積。データベースを作成中である。

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

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構築(データベース共通化・標準化の検討含む)

内視鏡操作支援(自動操作)及びナビゲーションシステムの構築のため、AIの学習用術前、手術情報のデータベースを構築する。執刀データは具体的には手術動画解析、モーショントラッキングによるカメラワーク、内視鏡静止画像データから抽出される鉗子操作とともに、外科医が判別しマーキングを行った手術操作メルクマール画像(静止画)とカメラ焦点、中心との位置関係等が含まれる。手術操作メルクマールの対象臓器は手術で摘出対象となる胆嚢、切離対象となる胆嚢管、胆嚢動脈、損傷を回避すべき総胆管とし、手術症例の動画より静止画を約30-50枚程度抽出、画像上に手術操作メルクマール(胆嚢、胆嚢管、胆嚢動脈、総胆管)にデジタルペンでマーキングしたものをメルクマール画像とする。

本研究施設(及び研究協力施設)で、過去に施行された手術症例(胆嚢摘出術)(n=100)に関して、前述データを収集し、これを解析、データベースを構築する。

その後、AIシステムを構築し、作成した学習データを学習させる。アプリケーションはGoogle社の無償提供システムである「テンサー・フロー」を使用する予定である。

(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

すでに構築したロボット型内視鏡操作支援器具は、ボタン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に取り組んでいる。

(1) 内視鏡支持部品のディスプレイ化

これまでの生体ボタンによる実験を通して、術中に内視鏡の着脱が必要となった際に血液等により装置が汚れ、衛生管理上の対策の必要性が認識されていた。装置本体は他の手術ロボットと同様にビニール製カバーで覆うことで保護可能であるが、内視鏡を支持あるいはロックするための部品はビニールカバーでは十分な保護が困難である。そこで、内視鏡と触れる部分は全てディスプレイ化し、手術毎に交換できるように設計を見直す。

(2) 装置本体からモーターや回路など電気的設備の分離

現在の内視鏡操作支援ロボットは本体にモーターやモータードライバなどの電気システムを内蔵している。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する予定であり、現在協力して設計を進めている。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も期待される。

改良型装置の完成後に引き続き、安全性の確認を行うべく、PMDAへの相談実施準備を行っている。PMDAから指摘を受け

た評価項目に沿って、ブタを用いた更なる安全性の評価を行う (n=3~5)。(現在、想定している評価項目としては、手術時間、出血量、操作鉗子の移動距離、カメラヘッドの移動距離などを予定している。) 安全性を確認の後、同装置に AI 実装を行う。

(諸麥、柴田、喜安)

C. 研究結果

1) データベース構築のための手術データ作成

AI による腹腔鏡操作支援およびナビゲーション機能の実現のためのデータベース構築に向けて手術データの作成に取り組んだ。キックオフミーティング、長崎大学内医工連携ミーティングにおいて、手術データの作成は以下の要領で行なうことを決定した。

内視鏡映像データの収集

・対象の術式は腹腔鏡下胆嚢摘出術とする。

・長崎大学病院移植・消化器外科並びに関連病院における過去及び今後の手術症例 100 例以上の内視鏡映像データを収集する。

・内視鏡操作や手術ナビゲーションの観点から腹腔鏡下胆嚢摘出術を以下のステージに分割し、各ステージの学習を可能とする。

- ① ポート挿入、腸管の受動操作、肝下面への癒着剥離、視野展開
- ② 胆嚢の牽引、Calot's triangle 操作のための視野展開操作
- ③ Calot's triangle での胆嚢管剥離 (前面操作、背面操作)
- ④ 胆嚢動脈の同定、クリッピング

グ、切離操作

- ⑤ 胆嚢管の同定、クリッピング、切離操作
- ⑥ 胆嚢底部剥離 (0-6 時剥離、反時計回り)
- ⑦ 胆嚢底部剥離 (6-12 時剥離、時計回り)
- ⑧ 胆嚢底部剥離 (0 時 (頂点) 剥離、カウンターをかけて)
- ⑨ 胆嚢剥離 (胆嚢を腹側にめくりあげて剥離)

内視鏡操作ロボットの操作学習用データの作成

内視鏡操作の学習用データの作成にあたり、上記内視鏡映像データに対し、内視鏡操作の熟練度に応じた選り分けと、上記ステージごとの映像データの分類を行なう。

手術ナビゲーション機能用手術データの作成

各手術症例において代表的画像約 30-50 枚を抽出し、画像上に胆嚢、胆嚢管および胆嚢動脈走行部位、総胆管走行部位等にデジタルペンでマーキングする。

上記内容に準じて、当研究グループにおいて過去施行され、匿名化された腹腔鏡下胆嚢摘出術映像データを 100 例選別し、動画より無作為に 30 から 50 枚の静止画を作成。この画像に対して、胆嚢、胆嚢管、総胆管を、画像ソフトを用いてマーキングし、手術ナビゲーション機能用の AI システム学習データとした。

D. 考察

以下に本研究の成果と思われる項目を挙げる。

1) データベース構築のための手術データ作

成

手術ナビゲーション機能、内視鏡操作支援機能の実装にあたり、胆嚢組織と胆嚢管の同定、また、損傷を起こすと重篤な合併症につながる総胆管の位置の同定は非常に重要であると考えます。また対象手術の工程を内視鏡操作やナビゲーションを意識して分割することで、データの解析が容易となった。また手術データの容易な加工や情報追加を可能とするソフトウェアの開発は、データベースの効率的な構築に寄与すると考えられる。

E. 結論

本年度で、AI システムのための学習データの収集・作成を実施した。現時点では更なるデータの収集・作成を実施し、AI の判断の精度向上に努めるとともに、動画データの解析に関しても着手する予定である。

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