

令和 5 年 6 月 20 日現在

機関番号：15101

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2022

課題番号：21K15924

研究課題名（和文）消化器内視鏡領域における、光線力学的診断（PDD）の応用と疾病予測AIの開発

研究課題名（英文）Application of Photodynamic Diagnosis (PDD) and Development of Disease Prediction AI for Endoscopy

研究代表者

藤井 政至（FUJII, Masashi）

鳥取大学・医学部・特任教員

研究者番号：40762258

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：消化器内視鏡領域で、AI技術を用いた病変検知や分類が可能になっているが、その学習のためには、膨大な労力を要する。そのため、AIモデルの学習を省力化したり、自動化したりする技術が求められる。本研究では、内視鏡画像AIの教師データを、自動的に生成するための、複数の技術について基礎研究した。1. 内視鏡画像と病理組織学的結果のPDD（光線力学的診断）を用いた自動アノテーション。2. 内視鏡画像の自動部位判定に関するAIモデルの研究。3. 内視鏡画像と内視鏡操作の関連を出力するモデルの研究。これらの研究により、自動的に、もしくは効率的に再学習を行うための教師データ生成を可能とする基礎技術の成果を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

この研究成果は、AIモデルを用いた医療技術について、成長を加速させることができる。消化器内視鏡技術においては、技術をさらに向上させるだけでなく、海外への展開へのハードルを下げることができる。これにより、世界中の人たちが、消化器内視鏡の医療技術の恩恵を享受することができ、消化器がんの早期発見早期治療の一助となる。また、今後の医療安全管理や自動医療、次世代医学教育など、様々な分野に応用が期待できる。

研究成果の概要（英文）：In the field of gastrointestinal endoscopy, AI technology has made it possible to detect and classify lesions, but the learning process requires a tremendous amount of effort. Therefore, there is a need for techniques that can streamline and automate the training of AI models. In this study, we conducted fundamental research on multiple techniques for automatically generating annotated data for endoscopic image AI. Specifically, we focused on the following: 1) automatic annotation using Photodynamic Diagnosis (PDD) of endoscopic images and pathological histological results, 2) research on AI models for automatic identification of endoscopic image locations, and 3) research on models that output the relationship between endoscopic images and endoscopic operations. Through these studies, we have achieved basic technology for generating annotated data efficiently and automatically, which enables us to perform relearning in an automated or efficient manner.

研究分野：消化器内視鏡

キーワード：AIモデル 内視鏡画像 病理組織検査

1. 研究開始当初の背景

医用画像の高度化と精細化が情報量を増大させ、人工知能 (AI) の補助的活用の必要性が増している。第三世代 AI を用いた医用画像のツールは多く存在するが、実用的な研究は少ない。医療課題を明確にし、具体的で実現可能な研究計画を立案した。

(1) AI のモデル学習の教師データ作成手順の自動化に関する研究。

(2) 医用画像上の情報に新たな医学的見地を見出す AI システムの研究。

開発するシステムの中核技術は、申請者が発明した、複数の画像からそれぞれの特徴点を抽出し、それらを照合して、過去と現在の画像をマッチングする技術である。この技術を実用化すると、検査によって将来の疾病罹患確立を予測し、「病気がある可能性が高い人に、重点的に必要な検査を行い、早期発見・早期治療、発病予防」を行う、新時代の体系的な画像検査の仕組みが実現する。

鳥取大学医学部附属病院消化器内科に特徴的な光線力学的診断 (PDD) に関する研究成果を応用して、「(1)AI のモデル学習の教師データ作成手順の自動化に関する研究」「(2)医用画像上の情報に新たな医学的見地を見出す AI システムの研究」を行い、その成果として、がん罹患リスクを導き出す理論モデルの構築を目標としていた。

そこに加え、画像情報以外の情報 (医師の内視鏡操作手技情報など) を付加した統括システムの構築など、新たな自動学習の仕組みの開発が求められていた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、消化器内視鏡検査によって将来の疾病罹患確立を予測し、「病気がある可能性が高い人に、重点的に必要な検査を行い、早期発見・早期治療、発病予防」を行う、新時代の体系的な画像検査の仕組みが実現することである。

鳥取大学医学部附属病院消化器内科に特徴的な光線力学的診断 (PDD) に関する研究成果を応用して、「(1)AI のモデル学習の教師データ作成手順の自動化に関する研究」「(2)医用画像上の情報に新たな医学的見地を見出す AI システムの研究」を行い、その成果として、がん罹患リスクを導き出す理論モデルの構築を目標とする。

本研究では、光線力学的診断 (PDD) 画像を用いた DL 学習用教師データ自動生成の概念実証を実施する。PDD 画像の AI 活用により、内視鏡画像内の病変を検知するアルゴリズムを検討する。これまでの研究成果を元に自動アノテーションシステムを搭載した自動学習型 AI モデルに関する研究を計画した。

PDD 画像と白色光画像のアノテーション情報が大量に得られた後、ESD を行うことで病理組織学的検査結果を得ることができる。精細な病理組織情報を加えて白色光画像の特徴量と対比させた教師データとして AI モデルを構築すると、粘膜の領域毎に前がん病変を判定する AI モデルを構築することができる。これによって、発がんリスク評価や、適切な検査頻度の算出をするシステムを構築する。

3. 研究の方法

本研究では、光線力学的診断 (PDD) 画像を用いた DL 学習用教師データ自動生成の概念実証を実施する。PDD とは、内視鏡検査時に病変を蛍光させる技術で、腫瘍親和性のある光感受性物質と励起光を組み合わせた蛍光内視鏡診断である。消化器内科分野では当教室 (鳥取大学磯本一教授) が主として臨床研究を施行している領域である。本研究はこの研究により蓄積された画像と動画を用いた研究を実施する。

光線力学的診断 (PDD) 画像の AI 活用により、内視鏡画像内の病変を検知するアルゴリズムを検討した。腫瘍性病変を含む PDD 画像と白色光画像を用いて手動でアノテーション作業を行い作製した教師データをもとに、AI モデルを構築して認識率を比較した。精度はそれぞれ白色光画像 80.5%、PDD 画像 92.5%であり PDD 画像による AI モデル構築の優位性が示された。加えて、対象画像中に腫瘍が存在することを提示する、腫瘍存在判定プログラムを開発し、白色光画像と PDD 画像での比較を行ったところ、有意差をもって PDD 画像での精度が高く、驚くべきことに 100%の精度を達成している。加えて、リアルタイム処理を可能とするアルゴリズムを研究した結果、現状では 1 秒間に 2 枚の画像処理を可能とするシステムを実現した。

これらの成果と、医師の内視鏡操作手技情報の取得システムを組み合わせ、操作情報のパタ

ーンをもとにした、内視鏡画像の自動アノテーション機能について検討した。

内視鏡操作手技の記録のため、その上下と左右のアンクル操作、押し引き、左右ひねりの4チャンネル情報を可視化することで、その特徴的な操作や熟練操作が必要な部位を検出できる、内視鏡操作記録システムを開発した。これを用いて、内視鏡操作をする医師の手技の評価を行い、内視鏡教育に用いるナビゲーションシステムを検討した。

上記で説明した4チャンネルの操作を、時系列で詳細に記録するための操作記録装置を開発した。右手の手技を記録する装置と、左手の手技を記録する装置は、それぞれ別々に開発した。

この操作記録装置を、鳥取大学のグループが研究開発した大腸内視鏡シミュレータに装着し、大腸内視鏡の挿入手技を模擬的に記録できる状態にした。記録に使用した内視鏡は実際に臨床で使用するものと同じものである。

左手の操作は、CMOSカメラを用いて、取得した画像を解析し、数値化した。アンクルに複数の色をつけ、中心に設置した橙色を基準点とし、上下および左右のアンクルのそれぞれの角度を数値化する装置と画像解析プログラムを作製した。

右手の操作は、大腸内視鏡シミュレータの肛門部の外側に、スコープを把持する装置を設置して、その中にセンサを組み込んでスコープの動きを読み取ることで記録した。スコープを把持する装置に、光学センサを組み込んだ。光学センサには、レーザー光学式マウスに内蔵されている光学センサを流用した。

挿入する長さ方向の情報は、誤差が大きかった。誤差を軽減するため、内視鏡に描かれている、挿入長を示す白い線を、CMOSカメラで読み取り、画像解析によって数値化した。レーザー式光学センサからの情報と、CMOSカメラから取得した画像の解析結果で情報を補充して、挿入長の数値の精度を向上させた。

4. 研究成果

PDD画像と白色光内視鏡画像、それと対比可能な病理組織標本を用意し、病理標本の断片画像と内視鏡画像、そして断片画像と病理所見（病変領域）との対比を可能とするAIモデルの精度向上を実現した。加えて、AIモデル生成自動化のため内視鏡操作情報の取得と、内視鏡画像の対比について検討を行った。また、内視鏡の撮影部位推定を可能とするAIモデルについて検討を行った。これらの成果により、自動的にがん病変の領域推定を行うシステム構築に役立った。

内視鏡操作手技について、適切に記録する装置を用いて、臨床医による内視鏡操作手技の記録を行った。今回の研究で開発した装置は、内視鏡の操作と同期する内視鏡画像や模擬腸管の画像を取得することが可能である。そのため、内視鏡画像の推移と内視鏡操作の関連を調べることが可能であった。

結論として、複数の内視鏡操作情報を集積することで、内視鏡操作手技中の内視鏡画像を入力データとして、内視鏡を操作すべきか、操作の指示を作ることができる。内視鏡操作に関するナビゲーションを構築する場合の難易度についても検証をおこなった。操作パターンを集積することで、ナビゲーションとして使用可能なAIモデルを生成できる可能性がある。

ここで得られたナビゲーション用のAIモデルを用いることで、大規模に内視鏡画像について集積し、情報を自動的に付記することが可能である。今回の研究成果を用いることによって、より実現可能性の高い、内視鏡画像に関する自動学習AIモデルのシステムが実現できる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2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 1件）

1. 著者名 Masashi Fujii, Katsuya Kondo,	4. 巻 2022
2. 論文標題 Development of operation recording system of gastrointestinal endoscopy procedures	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proc. IEEE Global Conf. Life Sciences and Technologies	6. 最初と最後の頁 335-338
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/LifeTech53646.2022.9754960	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

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 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2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Masashi Fujii, Katsuya Kondo,
2. 発表標題 Development of Operation Recording System of Gastrointestinal Endoscopy Procedures
3. 学会等名 2022 IEEE 4th Global Conference on Life Sciences and Technologies（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 勝山隼, 藤井政至, 上原一剛, 植木賢, 磯本一, 近藤克哉
2. 発表標題 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
3. 学会等名 電子情報通信学会医用画像研究会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 画像処理方法、教師データ生成方法、学習済みモデル生成方法、発病予測方法、画像処理装置、画像処理プログラム、およびそのプログラムを記録した記録媒体	発明者 磯本一，植木賢，上原一剛，藤井政至	権利者 鳥取大学
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2020/038592	出願年 2022年	国内・外国の別 外国

〔取得〕 計0件

〔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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------