

令和 5 年 6 月 12 日現在

機関番号：12102

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2022

課題番号：21K16751

研究課題名（和文）視線計測データを利用した医師教育と医師の視点を持った次世代AIの開発研究

研究課題名（英文）Research on physician education using eye measurement data and development of next-generation AI with a physician's point of view

研究代表者

池田 篤史（ikedai, Atsushi）

筑波大学・医学医療系・講師

研究者番号：50789146

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：膀胱癌診療において、膀胱内視鏡検査は必須の処置であるが、実施する医師の知識や経験の差により、その診断精度にばらつきが存在する。本研究では、同一症例の膀胱内視鏡検査の動画を、経験の異なる医師らに観察させ、非接触式モニター用視線追尾・視線計測システムを用いて、その際の医師の観察中の視点座標と停留時間を取得し、評価指標として、視点座標の平均座標を原点とした視線位置に停留時間を乗じた値の平均を算出し、比較した。経験のある専門医は、リアルタイムに画面の広い範囲を効率よく、検査の序盤に観察していることが確認された。観察者の視線の可視化により、技量の評価だけでなく、技量向上にむけた教育的な活用が期待される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

視線計測は、医師の技量を評価しスキルアップのための課題を明らかにできる可能性があることから、消化器領域の手術における報告例が散見される。泌尿器科領域においても膀胱内視鏡検査や経尿道膀胱腫瘍切除（TURBT）における経験の異なる医師らの視線経路の計測は、術者の技量を客観的に評価することにつながる。先行研究で開発している人工知能（AI）を利用した膀胱内視鏡検査支援システムの学習用の教師データとして、経験豊富な医師の視線という情報を加えることができれば、画像しか学んでいなかった現代のAIを次のステージへと導く可能性がある。結果として、AIのさらなる診断精度の向上と最適化につながると考えられる。

研究成果の概要（英文）：Cystoscopy is an essential procedure in bladder cancer treatment, but its diagnostic accuracy varies depending on the physicians' knowledge and experience. In this study, we had physicians with different backgrounds observe the same case of cystoscopy using a non-contact eye tracking and eye measurement system for monitors to obtain the viewpoint coordinates and dwell time of the physicians during their observation. It was calculated and compared. It was confirmed that experienced urologists efficiently observed a wide screen area in real-time and early stages of the examination. Visualizing the observer's gaze is expected to be used to evaluate skill and for educational purposes toward improving skill.

研究分野：泌尿器科

キーワード：膀胱内視鏡検査 膀胱癌 人工知能 視線計測 経尿道的膀胱腫瘍切除術

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

膀胱癌の臨床的特徴として、膀胱内への空間的、時間的多発性があげられる。膀胱内再発の機序は、新規発生よりも腫瘍細胞の播種や前がん病変の広がり、微小な播種病巣の見落としとされ、膀胱内視鏡検査や筋層非浸潤性膀胱癌 (NMIBC: Non-muscle Invasive Bladder Cancer) の標準的治療である経尿道的膀胱腫瘍切除術 (TURBT: Trans Urethral Resection of Bladder Tumor) の際に通常の白色光 (WLI: White Light Imaging) の観察では 10~20%に見落としがあると報告されている。これは、小径の腫瘍や上皮内癌などの平坦型腫瘍や、隆起病変に付随する平坦病変の広がりなどの同定が難しいことによる。近年、膀胱癌を視認しやすくする技術として狭帯域光観察や光力学診断等の内視鏡技術が開発され、その有用性が示されているが、依然として検査や手術を行う医師の知識や経験の差による診断精度にばらつきが生じている。では、なぜ見落としがあるのか？医師は、画像のどこをみているのか？医師の経験により腫瘍の認識率に違いはあるのか？先行研究として、膀胱内視鏡検査時の腫瘍病変の見落とし低減を目指し、人工知能 (artificial intelligence: AI) を利用した膀胱内視鏡検査支援システムの開発を行っており、ブラックボックス的と言われる AI が、病変のどこをみて診断しているかの研究も行っている。この研究過程で、WLI の膀胱腫瘍の内視鏡静止画像を対象に、泌尿器科腫瘍専門医、研修医、AI 膀胱内視鏡検査支援システムの腫瘍認識率の精度の比較を行ったところ、AI と泌尿器科専門医診断精度が同等であったが、研修医は精度が劣ることを認めた。医師の視点は、病変を病変として、正常を正常として認識すること、特に病変と正常の区別がつきにくいところに注目していると考えられる。現在の AI は、観察した結果のみ学習していないが、その診断過程において、病変か正常かを判断するに至る際の注目していた点を学習させることで、いわゆる境界条件にある判断しにくい粘膜状態の診断精度が向上する可能性があると考えられる。以上の背景より、本研究における核心をなす学術的「問い」は「医師間の腫瘍の視認能力の差異が膀胱内視鏡検査や TURBT 時の腫瘍の見落としにつながっているのではないか？」という点にある

2. 研究の目的

膀胱内視鏡検査および TURBT 時に着目すべき画像上の領域へ術者の視線を促す機能による医師教育への効果と医師の視点を持った次世代 AI の教師データとなる可能性を明らかにする点にある。

3. 研究の方法

膀胱内視鏡動画における視線計測による経験の異なる術者の差の同定

非接触式モニター用視線追尾・視線計測システムを用いて、被験者の視線を動画として記録する。その後、解析ソフトを用いて、各画像における被験者の関心領域および注視時間を算出する。医学生、初期研修医、後期研修医、専門医と経験の異なる被験者を設定する。経験別に結果を算出し、比較を行う。被験者の経験別の関心領域の差、関心領域注視時間差、画像種類別の差を検討することで経験の異なる術者の差の同定を行う。

AI を利用した膀胱内視鏡検査支援システムにおけるリアルタイム検出

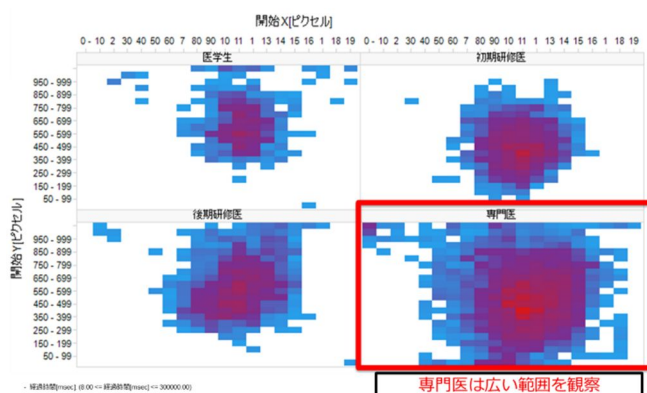
深層学習を用いて腫瘍病変の画像の識別を行い、病変候補分布図 (Probability Map) を作成し、検証を行う。また、AI が膀胱内視鏡画像のどこを見ているのかを可視化する。

4. 研究成果

膀胱内視鏡動画における視線計測による経験の異なる術者の差の同定

同一症例の膀胱内視鏡検査の動画は、初発多発の NMIBC で左壁に広範な丈の低い乳頭状腫瘍) と頂部から前壁にかけての平坦病変(上皮内癌)を有する症例とした。また術前のものを用いた。まず被験者は医学生 1 名、初期研修医 2 名、後期研修医 2 名、専門医 6 名と経験の異なる医師らに観察させ、その際の視線計測 (アイトラッキング) を行うことによる評価を行った。

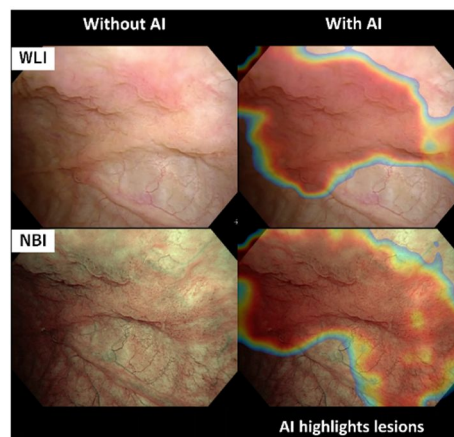
右図に視線の停留時間ヒートマップを示す。視線の停留時間を考慮した視線の広がり具合を表す指標として、視点座標の平均座標を原点とした視線位置に停留時間を乗じた値の平均を算出し、比較したところ、専門医の結果を 1.0 とした相对比较では、医学生は 0.78、初期研修医は 0.79、後期研修医は 0.87 となり、専門医は他の群より動画の広い範囲を網羅的に観察していた。さらに被験者として医学生 9 名分のデータを追加取得して解析を行ったが、同様の傾向が確認された。また、膀胱内視鏡検査の動画を序盤、中盤、終盤と経過時間で分けて解析したところ、専門医を 1.00 と



したとき医学生 0.66、初期研修医 0.77、後期研修医 0.78 であった。専門医以外はほとんど視線の動く範囲は一定だったのに対して、専門医は動画の中盤および終盤に比べ、序盤は広い範囲で観察していた。これにより、膀胱内視鏡検査において、経験のある専門医は、リアルタイムに画面の広い範囲を効率よく観察していることが確認された。

AI を利用した膀胱内視鏡検査支援システムにおけるリアルタイム検出

膀胱内視鏡検査において、リアルタイムに病変を検出させるための技術として、Probability Map 生成技術と画像強調技術である Narrow Band Imaging (NBI) 画像への対応を行った。WLI 6523 枚と NBI 1636 枚において検証し、解析した画像における異常病変の確度をピクセル毎に表示し、アノテーションデータと比較することで診断精度を 5 分割交差検定により評価した。Probability Map を二値化した領域について、50%以上が実際の病変領域と重なった場合を正解とした場合、結果は学習データにおける F 値が最大となる閾値においてテストデータでは WLI、NBI それぞれ平均感度 93.6%、84.4%、平均特異度 89.7%、81.2% だった。本技術を用いて、で使用した症例の膀胱内視鏡検査動画に適用したところ、WLI、NBI とともに平坦病変を Probability Map として、右図のように画面上に表示することができた。これらのデータを の視線データと比較して用いることで、膀胱内視鏡 AI の学習用の教師データに医師の視線という情報を加えることができる可能性が示唆された。



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3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 Ikeda Atsushi	4. 巻 42
2. 論文標題 Cystoscopic Diagnosis of Bladder Cancer Using Artificial Intelligence	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Journal of Japan Society for Laser Surgery and Medicine	6. 最初と最後の頁 229 ~ 236
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2530/jslsm.jslsm-42_0026	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 Ikeda Atsushi, Nosato Hirokazu, Kochi Yuta, Negoro Hiromitsu, Kojima Takahiro, Sakanashi Hidenori, Murakawa Masahiro, Nishiyama Hiroyuki	4. 巻 35
2. 論文標題 Cystoscopic Imaging for Bladder Cancer Detection Based on Stepwise Organic Transfer Learning with a Pretrained Convolutional Neural Network	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Endourology	6. 最初と最後の頁 1030 ~ 1035
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1089/end.2020.0919	査読の有無 有
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 -

1. 著者名 池田 篤史、野里 博和	4. 巻 35
2. 論文標題 TURBT初心者指導&上級医の認識を変える苦労話	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Endourology and Robotics	6. 最初と最後の頁 38 ~ 44
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11302/jserjje.35.1_38	査読の有無 有
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5件（うち招待講演 2件/うち国際学会 3件）

1. 発表者名 池田篤史
2. 発表標題 アイトラッキングを利用した膀胱内視鏡検査における観察者技量の客観的評価
3. 学会等名 第35回日本泌尿器内視鏡学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 池田篤史、野里博和
2. 発表標題 DX of Cystoscopy
3. 学会等名 第35回日本泌尿器内視鏡学会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Atsushi Ikeda, Shogo Takaoka, Hirokazu Nosato, Hiromitsu Negoro, Hidenori Sakanashi, Masahiro Murakawa, Hiroyuki Nishiyama
2. 発表標題 Real-time Bladder Tumor Detection at Clinics in Flexible Cystoscopy with White Light and Narrow Band Imaging using Deep Learning
3. 学会等名 American Urological Association's 2022 Annual Meeting（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Atsushi Ikeda, Hirokazu Nosato, Shogo Takaoka, Hiromitsu Negoro, Hidenori Sakanashi, Masahiro Murakawa, Hiroyuki Nishiyama
2. 発表標題 Can cystoscopy artificial intelligence overcome differences between cystoscope products?
3. 学会等名 European Association of Urology Annual Congress (EAU23)（国際学会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Atsushi Ikeda, Hirokazu Nosato, Hiroyuki Nishiyama
2. 発表標題 Real-time Bladder Tumor Detection in Flexible Cystoscopy with White Light Imaging and Narrow Band Imaging using Deep Learning
3. 学会等名 East Asia Urological Oncology Society (EAUOS) 2022（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2022年

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

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