

令和 5 年 6 月 23 日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K16780

研究課題名（和文）深層学習を用いた産婦人科MRIの自動診断

研究課題名（英文）Automated Diagnosis of Obstetrics and Gynecology MRI Using Deep Learning

研究代表者

倉田 靖桐（Yasuhisa, Kurata）

京都大学・医学研究科・助教

研究者番号：40836178

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本課題では、深層学習、特に Convolutional neural networkを用いた子宮体癌のMRI上での自動セグメンテーションおよび病期診断を実現し、国内および国際学会や論文でその成果を報告した。これと平行して、同様の手法を膀胱癌の画像診断に拡張した研究を継続中であり、成果の一部についてはすでに論文報告を行った。また、研究期間中に提案された深層学習の新しい手法である Vision Transformerを取り入れて、同手法が産婦人科、泌尿器科領域の医用画像解析に適用可能であることも示した。今後は作成したモデルの外的妥当性検証のための多施設共同研究を行う予定である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

最近ではいわゆる人工知能を用いた医用画像解析が盛んに行われているが、産婦人科領域に関する研究報告は比較的少なかった。本研究では、MRI上で子宮体癌の検出や病期診断（深達度の判定）の自動化を実現することで、産婦人科領域の画像診断における深層学習の有用性を示した。この種の研究報告が増えることで、他の領域と同様に、産婦人科画像診断の質的向上や個別化医療を目指した画像解析が進展していくと考えられる。

研究成果の概要（英文）：In this project, we realized automatic segmentation and staging of uterine endometrial cancer on MRI using convolutional neural networks, and reported the results at national and international conferences and in research papers. In parallel, we are continuing research to extend the same method to bladder cancer imaging, and have already reported some of the results in papers. We also incorporated Vision Transformer, a new deep learning method proposed during the research period, and showed that the method is applicable to medical image analysis of obstetrics and gynecology and urology. In the future, we plan to conduct a multicenter study for external validation of the developed model.

研究分野：画像診断（特に産婦人科領域）

キーワード：Deep learning MRI Endometrial cancer

## 1. 研究開始当初の背景

近年、深層学習、特に convolutional neural network (CNN)を用いた画像解析が盛んに行われており、一般画像に関する CNN の画像解析では非常に高い精度が得られている。医用画像に関しても、病変検出や分類などに CNN が適用されており、臨床応用が可能と思われる報告もされ始めている。テキスト解析などを用いた従来の機械学習では、画像的特徴量を研究者が設定する必要があったが、CNN は人間の神経回路を模倣したネットワークを用いて画像データそのものから学習し、特徴量を自動的に作成することが可能である。

今日の産婦人科診療において、腫瘍の検出、良悪性鑑別や病期診断などに際して MRI は不可欠なモダリティである。最近の医用画像解析では、画像から腫瘍の悪性度や予後予測などといった、解剖学的情報以上のデータを抽出する試みがなされており、産婦人科領域も例外ではない。この種の画像解析にテキスト解析を用いた報告は散見されるが、実臨床で有用な成果が得られているとは言えない。これらの研究では、腫瘍の関心領域 (解析対象の範囲)を研究者が手動で設定しているため、その再現性が問題となる上に、病変検出の段階からの自動化は実現することができない。実臨床を考慮すれば、関心領域の設定をせずに画像データそのものを処理でき、かつ病変検出も可能である CNN がテキスト解析より有用と考えられる。しかし、産婦人科領域の MRI に対して CNN を適用した研究は非常に少ない。

## 2. 研究の目的

本研究は、産婦人科領域の MRI において、病変検出から予後予測に至るまで、全ての診断過程の自動化を、CNN を適用することで実現することを目的とする。

## 3. 研究の方法

### 1. 子宮体癌の自動セグメンテーション

MRI 上で子宮体癌の手動セグメンテーションを行う

深層学習におけるネットワークの学習を行うためには、学習用の教師データ (初年度の研究では、MRI 上で子宮体癌の領域を示すデータ)を準備する必要がある。子宮体癌患者の MRI (T2 強調像、拡散強調像、ADC [apparent diffusion coefficient] map、造影 T1 強調像)および手術標本の病理所見を参考にしながら、放射線科医が子宮体癌の領域を決定し、画像解析ソフト (3D slicer: <https://www.slicer.org/>)を用いて手動セグメンテーションを行う。

深層学習を用いて子宮体癌の自動セグメンテーションを行う

得られた子宮体癌の教師データを用いて、子宮体癌の自動検出を行うプログラムを作成する。申請者らが子宮の自動セグメンテーション時に使用した U-net の構造を基本として、層の数や画像の特徴量を保持するフィルター数などといった、CNN において重要なパラメーターの最適化を行う。

子宮体癌の自動セグメンテーションの精度評価

定量評価項目として、セグメンテーション精度の指標として一般的な Dice similarity coefficient を用いる。さらに、定性評価として放射線科医による視覚評価を併用する。

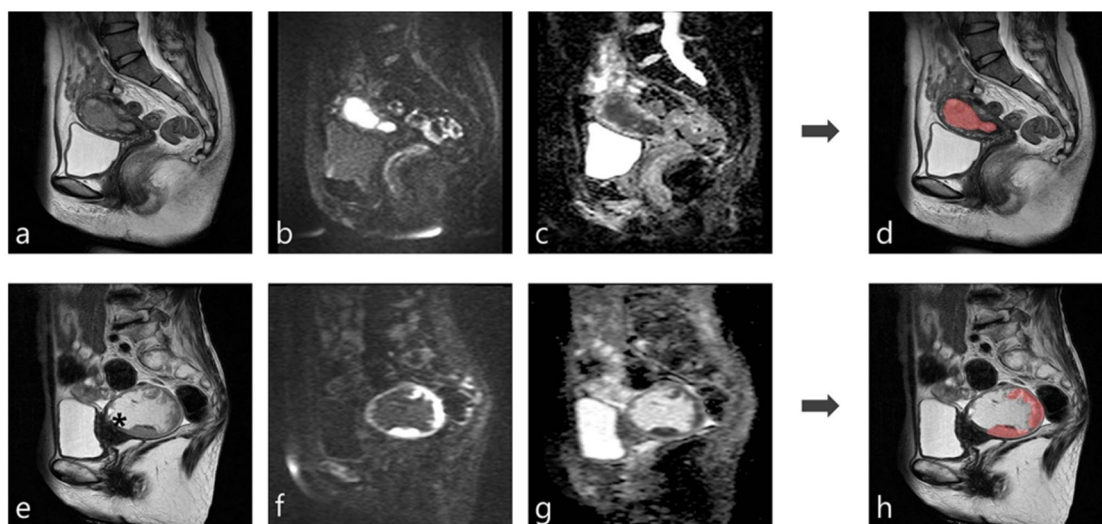
### 2. 子宮体癌の病期診断

MRI の各シーケンス上の子宮体癌の領域を入力データとし、腫瘍の悪性度や病期、骨盤、傍大動脈リンパ節転移の有無などを出力できるような CNN 作成を試みる。この過程では、1-と同様に CNN のパラメーター最適化を行う必要がある。CNN の作成が完了した後、腫瘍の局所病期診断に関しては放射線科専門医の診断能との比較を行う。特に、深部筋層浸潤 (子宮筋層の 1/2 を超えた腫瘍浸潤)の有無は術式に影響する要素であり、深部筋層浸潤の検出感度は自動診断の臨床的有用性を評価する重要な指標の一つである。

## 4. 研究成果

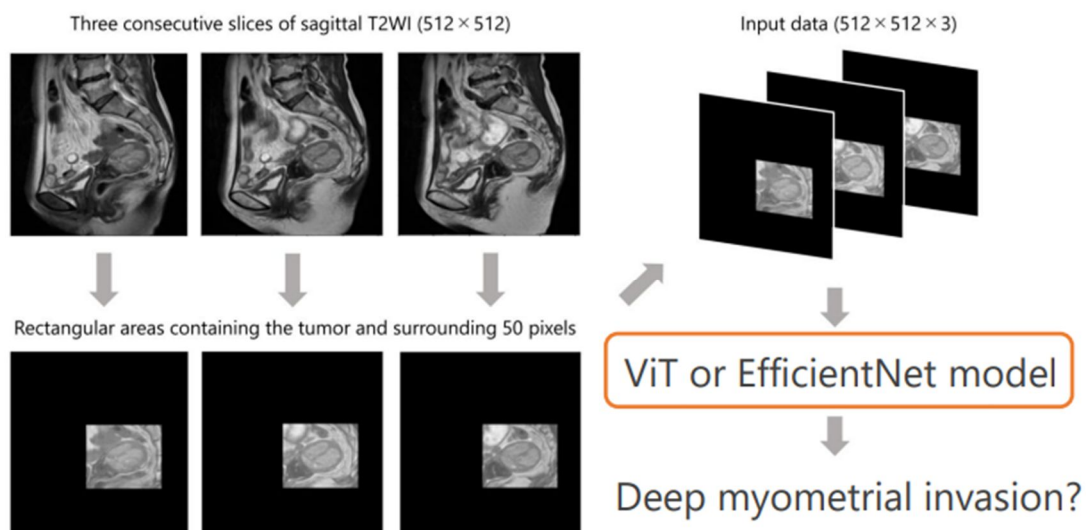
概要: 本課題では、深層学習、特に Convolutional neural network を用いた子宮体癌の MRI 上での自動セグメンテーションおよび病期診断を実現し、国内および国際学会や論文でその成果を報告した。これと平行して、同様の手法を膀胱癌の画像診断に拡張した研究を継続中であり、成果の一部についてはすでに論文報告を行った。また、研究期間中に提案された深層学習の新しい手法である Vision Transformer を取り入れて、同手法が産婦人科、泌尿器科領域の医用画像解析に適用可能であることも示した。今後は作成したモデルの外的妥当性検証のための多施設共同研究を行う予定である。

・MRI 上における子宮体癌の自動セグメンテーション  
 (Sci Rep. 2021 Jul 14;11(1):14440. doi: 10.1038/s41598-021-93792-7)  
 (2021 ISMRM & SMRT Annual Meeting & Exhibition)



MRI の T2 強調像、拡散強調像、ADC map から子宮体癌を自動検出するプログラムを作成した。テストセットに対して、DSC =  $0.806 \pm 0.155$  の精度を達成した。

・MRI における子宮体癌筋層浸潤の自動診断  
 (Computer Assisted Radiology and Surgery 2022)

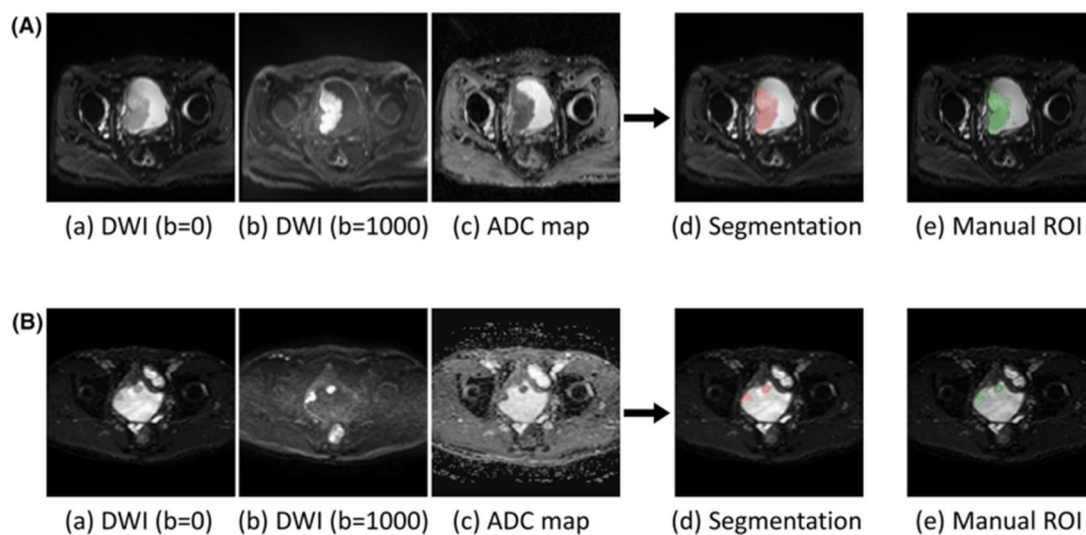


MRI における深部筋層浸潤の自動診断プログラムを Vision Transformer (ViT) を用いたモデルにより作成し、正診率 78% を達成した。放射線科医の診断能には劣る結果であったが、モデル作成の過程において、ViT の診断能が CNN の診断能を上回り、医用画像解析における ViT の有用性について検証できた。今後は外部施設の症例も加えて、より精度、汎用性の高いモデルを作成する予定である。

・ MRI における膀胱癌の自動検出

(Sci Rep. 2023 Jan 12;13(1):628. doi: 10.1038/s41598-023-27883-y.)

(2022 ISMRM & SMRT Annual Meeting & Exhibition)



子宮体癌の自動検出手法を膀胱癌に応用することで、MRI における膀胱癌の自動検出を実現した。本研究は 2 施設の症例を用いてプログラムを作成し、テストセット症例に対して、Median DSC = 0.79 (0.78-0.81)の診断精度を達成した。

・ 上記研究結果を含めて、医用画像における深層学習の進歩について、和文総説でも報告した。

【専門医はもういない? せまりくる AI 時代】AI による産婦人科 MRI の診断支援  
産婦人科の実際 69(5) 469-474 2020 年 5 月

Step up MRI 2021 II MRI における AI の研究開発・臨床応用の最新動向 4.MR 画像における子宮体がんの自動セグメンテーション Innervision 36(9) 2021 年

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Kurata Yasuhisa, Nishio Mizuho, Moribata Yusaku, Kido Aki, Himoto Yuki, Otani Satoshi, Fujimoto Koji, Yakami Masahiro, Minamiguchi Sachiko, Mandai Masaki, Nakamoto Yuji	4. 巻 11
2. 論文標題 Automatic segmentation of uterine endometrial cancer on multi-sequence MRI using a convolutional neural network	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 14440-14440
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-93792-7	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 Himoto Yuki, Kido Aki, Sakata Akihiko, Moribata Yusaku, Kurata Yasuhisa, Suzuki Ayako, Matsumura Noriomi, Shitano Fuki, Kawahara Seiya, Kubo Shigeto, Umeoka Shigeaki, Minamiguchi Sachiko, Mandai Masaki	4. 巻 11
2. 論文標題 Differentiation of uterine low-grade endometrial stromal sarcoma from rare leiomyoma variants by magnetic resonance imaging	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 19124-1912
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-98473-z	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 Yajima Ryo, Kido Aki, Kuwahara Ryo, Moribata Yusaku, Chigusa Yoshitsugu, Himoto Yuki, Kurata Yasuhisa, Matsumoto Yuka, Otani Satoshi, Nishio Naoko, Minamiguchi Sachiko, Mandai Masaki, Nakamoto Yuji	4. 巻 46
2. 論文標題 Diagnostic performance of preoperative MR imaging findings for differentiation of uterine leiomyoma with intraligamentous growth from subserosal leiomyoma	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Abdominal Radiology	6. 最初と最後の頁 4036 ~ 4045
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00261-021-03042-7	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 Yajima Ryo, Kido Aki, Kurata Yasuhisa, Fujimoto Koji, Nakao Kyoko Kameyama, Kuwahara Ryo, Nishio Naoko, Minamiguchi Sachiko, Mandai Masaki, Togashi Kaori	4. 巻 47
2. 論文標題 Diffusion weighted imaging of uterine adenomyosis: Correlation with clinical backgrounds and comparison with malignant uterine tumors	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Obstetrics and Gynaecology Research	6. 最初と最後の頁 949 ~ 960
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/jog.14621	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4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Yasuhisa Kurata, Mizuho Nishio, Yusaku Moribata, Aki Kido, Yuki Himoto, Satoshi Otani, Koji Fujimoto, Masahiro Yakami, Sachiko Minamiguchi, Masaki Mandai, Yuji Nakamoto
2. 発表標題 Automatic segmentation of uterine endometrial cancer on MRI with convolutional neural network
3. 学会等名 2021 ISMRM & SMRT Annual Meeting & Exhibition (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yusaku Moribata, Yasuhisa Kurata, Mizuho Nishio, Aki Kido, Satoshi Otani, Yuki Himoto, Naoko Nishio, Akihiro Furuta, Kimihiko Masui, Takashi Kobayashi, Yuji Nakamoto
2. 発表標題 Automatic segmentation of bladder cancer on MRI using a convolutional neural network and reproducibility of radiomics features
3. 学会等名 2022 ISMRM & SMRT Annual Meeting & Exhibition (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Y. Kurata, M. Nishio, Y. Matsumoto, S. Otani, Y. Moribata, Y. Himoto, A. Kido, M. Mandai, Y. Nakamoto
2. 発表標題 Prediction of deep myometrial invasion of uterine endometrial cancer on MRI using Vision Transformer
3. 学会等名 CARS 2022 Computer Assisted Radiology and Surgery (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yasuhisa Kurata
2. 発表標題 Automatic segmentation of uterine endometrial cancer on MRI with convolutional neural network
3. 学会等名 International Society for Magnetic Resonance in Medicine (国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 倉田靖桐 , 西尾瑞穂 , 森島裕策 , 木戸晶 , 中本裕士	4. 発行年 2021年
2. 出版社 インナービジョン	5. 総ページ数 4
3. 書名 Step up MRI 2021 II MRIにおけるAIの研究開発・臨床応用の最新動向 4.MR画像における子宮体がんの自動セグメンテーション	

〔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
---------	---------