

AI を用いた子宮肉腫の術前画像診断システムを開発

1. 発表者：

曾根 献文（東京大学医学部（産婦人科学講座）／東京大学医学部附属病院 女性診療科・産科講師）
豊原 佑典（東京大学大学院医学系研究科 生殖・発達・加齢医学専攻 医学博士課程／東京大学医学部附属病院 女性診療科・産科 医師）
大須賀 穰（東京大学大学院医学系研究科 生殖・発達・加齢医学専攻 産婦人科学講座／東京大学医学部附属病院 女性外科 教授）
黒川 遼（東京大学医学部附属病院 放射線科 研究員）
阿部 修（東京大学大学院医学系研究科 生体物理医学専攻 放射線医学教室／東京大学医学部附属病院 放射線科 教授）
野田 勝彦（サイオステクノロジー株式会社）
吉田 要（サイオステクノロジー株式会社）

2. 発表のポイント：

- ◆人工知能（AI）を用いた子宮肉腫を鑑別する術前診断システムを新たに開発しました。
- ◆深層学習を用いた子宮肉腫と子宮筋腫の判別システムの開発は世界初となります。
- ◆放射線診断医が読影する際の診断補助として有用である可能性が期待されます。

3. 発表概要：

悪性腫瘍である子宮肉腫（注1）は、1万人の女性につき5人程度が発症する稀ながんです。同じく子宮から発生する子宮筋腫は、良性腫瘍で成人女性の20～30%程度が罹患すると考えられています。子宮肉腫は子宮全摘手術を行う必要がありますが、子宮筋腫は子宮全摘手術のほか子宮を温存する方法など、治療方法は多岐にわたります。患者さんの将来を考えて治療方針を検討する上で術前診断は欠かせません。近年、術前診断の精度は向上してきましたが、臨床現場では子宮肉腫と子宮筋腫の鑑別診断が難しい症例もあり、術前診断のさらなる精度向上が望まれています。こうした背景のもと、東京大学医学部附属病院の曾根献文講師、豊原佑典医師、大須賀穰教授、黒川遼研究員、阿部修教授および、サイオステクノロジー株式会社の野田勝彦、吉田要らの研究グループは、人工知能（AI）を用いて、子宮肉腫の術前MRI画像の診断システムの開発に成功しました。

子宮肉腫と子宮筋腫の患者さん263例の術前MRI画像を用いて、深層学習（ディープニューラルネットワーク、注2）および評価を行ったところ、正診率91.3%と高い診断能力が示されました。これは同症例を診断した放射線科専門医（注3）の正診率88.3%に匹敵する結果です。また放射線科専門医の資格取得に向けて修練中の放射線科専攻医がAIの診断結果を診断補助として利用したところ、80.1%であった正診率が92.3%まで上昇しました。AIによる子宮肉腫の術前MRI画像診断の検討は、すでに国内外で報告されていますが、深層学習による報告は今回が初めてです。深層学習は、画像診断との親和性が高い手法と考えられ、術前診断の精度向上や診断補助のほか、本研究グループが開発したアルゴリズムをもとに、AIが自動で子宮の病変を見つけて診断する自動診断技術への発展など、実際の臨床現場でのさまざまな応用が期待されます。

本研究成果は、日本時間11月16日に英国科学誌「*Scientific Reports*」に掲載されました。

4. 発表内容：

(1) 研究の背景

悪性腫瘍である子宮肉腫は1万人の女性につき、5人程度の発症と稀な頻度で子宮から発生するがんで、希少がんという位置づけにあります。一方、同じく子宮から発生する良性腫瘍である子宮筋腫は成人女性の20～30%程度が罹患すると考えられています。双方とも同じ子宮から発生する腫瘍ですが、悪性腫瘍である子宮肉腫では子宮全摘手術を行う必要があり、良性腫瘍である子宮筋腫では子宮全摘手術も考慮はされますが、将来妊娠を希望される場合に妊孕（にんよう）性温存手術といって子宮そのものを温存して子宮腫瘍のみを摘出する方法や、薬物治療などで保存的に経過を観察する方法など、治療法は多岐にわたります。逆に子宮肉腫で子宮腫瘍のみを摘出することは、腫瘍の播種（はしゅ；体内で腫瘍が散らばっていくこと）による予後の悪化が懸念されます。子宮から発生する腫瘍に対してこうした治療方針の検討を行う際に、術前診断は、患者さんの将来を考える上でも非常に重要となります。

腫瘍の種類を鑑別する方法には、腫瘍マーカーなどの血液検査法による評価、超音波断層法やCT、MRI、PET-CTなどの画像検査法などがあり、特にMRIによる診断が有用とされています。診断技術の発展により、子宮肉腫と子宮筋腫の術前診断精度は向上してきましたが、時にオカルト腫瘍とよばれ、実際には子宮肉腫であるものの術前診断が子宮筋腫と診断されてしまう症例や、逆に子宮肉腫と術前に診断され、子宮全摘手術を行ったところ子宮筋腫である症例もみられます。特に子宮筋腫の中でも、変性と呼ばれる腫瘍内部構造変化を伴った変性子宮筋腫では、しばしば子宮肉腫との鑑別診断が難しい場合があります。

こうした背景から、本研究グループは、人工知能（AI）を用いて、子宮肉腫の術前MRI画像の診断システムの開発に取り組みました。

(2) 研究の内容

本研究は、東京大学医学部附属病院、東京都立駒込病院、公立昭和病院の3施設における子宮肉腫と子宮筋腫を罹患した患者さん、263例（子宮肉腫：63例、子宮筋腫：200例）の術前MRI画像を対象に行いました。子宮肉腫の中には、平滑筋肉腫、内膜間質性肉腫など、さまざまな組織型がありますが、今回の深層学習に関しては「子宮肉腫群」および「子宮筋腫群」として学習し、判定も「子宮肉腫」および「子宮筋腫」の2分類を判別しました。深層学習と評価判定は、MobileNetV2というネットワークモデル（注4）を用いて行いました（図1）。

通常、深層学習では欠落したデータがあることは望ましくなく、多施設から画像を集める際には、欠落データが問題となることがしばしばあります。特に希少がんのような場合には、より多くの症例・画像を集めることが重要とされることから、今回は独自の点数評価を行い、15種類のMRI撮像条件を総合的に評価する評価システムの開発にも取り組み、診断率の向上を図りました。

その結果、生成したAIモデルの「子宮肉腫」および「子宮筋腫」の正診率は91.3%と高い診断能力を示しました。今回の症例画像の適正を判断するため、放射線科専門医3名、放射線科専攻医3名が同症例を診断したところ、正診率はそれぞれ、88.3%、80.1%となり、放射線科専門医にも匹敵する成績であったことがわかりました（図2）。さらに、AIモデルを臨床の場で利用する際には、放射線診断医（注3）の補助的な役割を担うことが重要と考え、AIモデルの判定結果がわかる状態で同様の実験を行いました。すると、放射線科専門医群、放射線科専攻医群の成績は、それぞれ89.6%、92.3%と上昇し、このAIモデルが診断のサポートの役割を担うことができる可能性が示唆されました（図3）。

特に AI の診断結果を診断補助として利用することで、放射線科専門医群（71.0%→83.1%）、放射線科専攻医群（47.6%→87.8%）の双方で感度の上昇が認められ、子宮肉腫の見落とし症例であるオカルト腫瘍の誤診断の予防につながると考えられる結果が得られました。

(3) 社会的意義と今後の予定

本研究で用いた深層学習による子宮肉腫の術前 MRI 画像診断の検討は世界初の試みであり、近年の医療画像診断分野で注目されている深層学習の更なる有用性を示すとともに、本研究グループが開発した AI による術前診断システムが、放射線診断医の診断補助、特に誤診断の予防につながることを示唆されました。今後は、本研究で開発されたアルゴリズムをもとに、AI が自動で子宮の病変を見つけて診断する自動診断技術への発展など、さらなる検討により、実際の臨床現場でのさまざまな活用が期待されます。

5. 発表雑誌：

雑誌名：*Scientific Reports*（オンライン版：11月16日）

論文タイトル：Development of a deep learning method for improving diagnostic accuracy for rare tumors: uterine sarcoma cases

著者：Yusuke Toyohara, Kenbun Sone*, Katsuhiko Noda, Kaname Yoshida, Ryo Kurokawa, Tomoya Tanishima, Shimpei Kato, Shohei Inui, Yudai Nakai, Masanori Ishida, Wataru Gono, Saki Tanimoto, Yu Takahashi, Futaba Inoue, Asako Kukita, Yoshiko Kawata, Ayumi Taguchi, Akiko Furusawa, Yuichiro Miyamoto, Takehiro Tsukazaki, Michihiro Tanikawa, Takayuki Iriyama, Mayuyo Mori-Uchino, Tetsushi Tsuruga, Katsutoshi Oda, Toshiharu Yasugi, Kimihiro Takechi, Osamu Abe, Yutaka Osuga
（*責任著者）

DOI 番号：10.1038/s41598-022-23064-5

URL：<https://www.nature.com/articles/s41598-022-23064-5>

6. 問い合わせ先：

<研究内容に関するお問い合わせ先>

東京大学医学部附属病院 女性診療科・産科

講師 曾根 献文（そね けんぶん）

TEL：03-5800-8657 E-mail：soneke-gyn@h.u-tokyo.ac.jp

<取材に関するお問い合わせ先>

サイオス株式会社 広報

TEL：03-6401-5120 Email：mktg@sios.com

東京大学医学部附属病院 パブリック・リレーションセンター

担当：渡部、小岩井

TEL：03-5800-9188 E-mail：pr@adm.h.u-tokyo.ac.jp

7. 用語解説：

(注1) 子宮肉腫

子宮から発生する悪性腫瘍です。治療には子宮全摘手術が必要となりますが、良性腫瘍の子宮筋腫と似た画像的特徴を持つことがあり、正確な術前診断が必要となります。

(注2) 深層学習 (ディープニューラルネットワーク)

深層学習とは、機械学習の手法の1つであり、多層のニューラルネットワークまたは複数の機械学習アルゴリズムを組み合わせた手法のことを指します。

(注3) 放射線科専門医、放射線診断医

放射線科医は、放射線を用いて治療を行う「放射線治療医」と医療画像を用いて診断する「放射線診断医」に分かれています。また、公益財団法人日本医学放射線学会が定める研修を経て試験に合格し、放射線科全般におよぶ知識と経験を一定以上に有する放射線科医を放射線科専門医といいます。

(注4) ネットワークモデル

深層ニューラルネットワークの構造は、多数提案されており、代表的な構造には名称が付与され、総じてネットワークモデルと呼びます。

9. 添付資料：

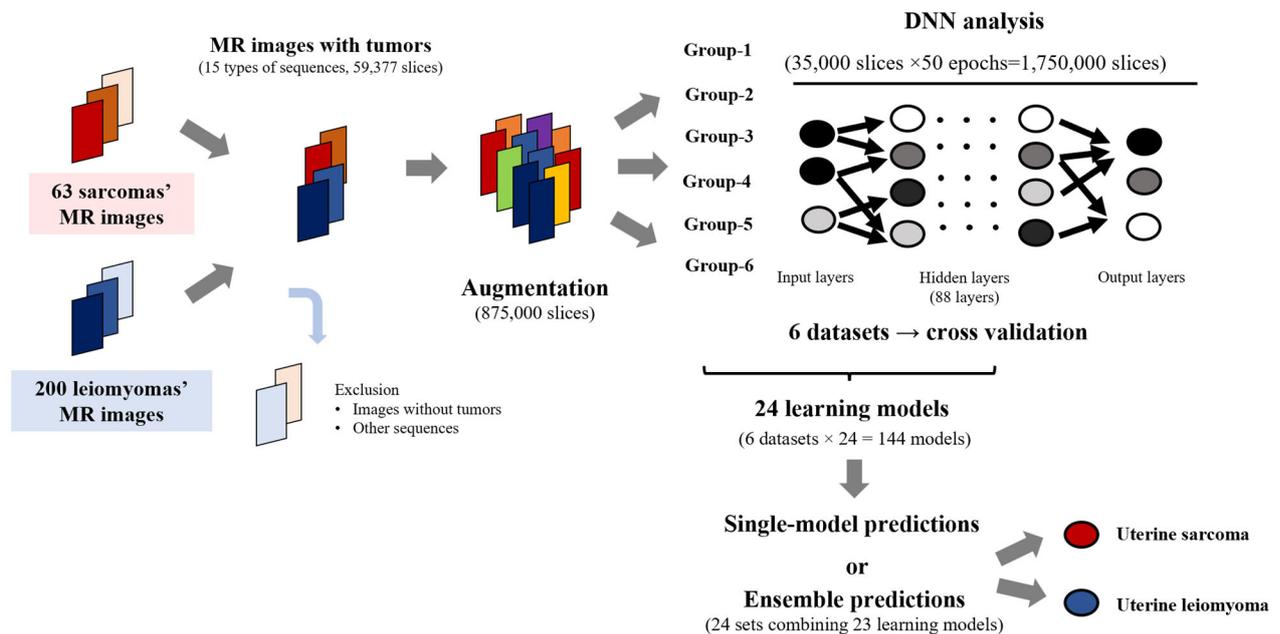


図1. 本研究の流れ

子宮肉腫および子宮筋腫 263 例の術前 MRI 画像を収集した後、画像数をさまざまなパターンで増幅させ、深層学習に利用した。MobileNetV2 での深層学習・評価を行い (学習セット: 評価セット=5:1 のクロスバリデーション)、アンサンブル予測も加えて最終的に「子宮肉腫」および「子宮筋腫」の判定とその正診率の評価を行った。

	放射線科専門医群	放射線科専攻医群	AI モデル
正診率	88.3%	80.1%	90.3%
感度	71.0%	47.6%	89.8%
特異度	93.8%	91.5%	91.7%

図 2. AI モデルの成績および放射線診断医による読影実験の成績

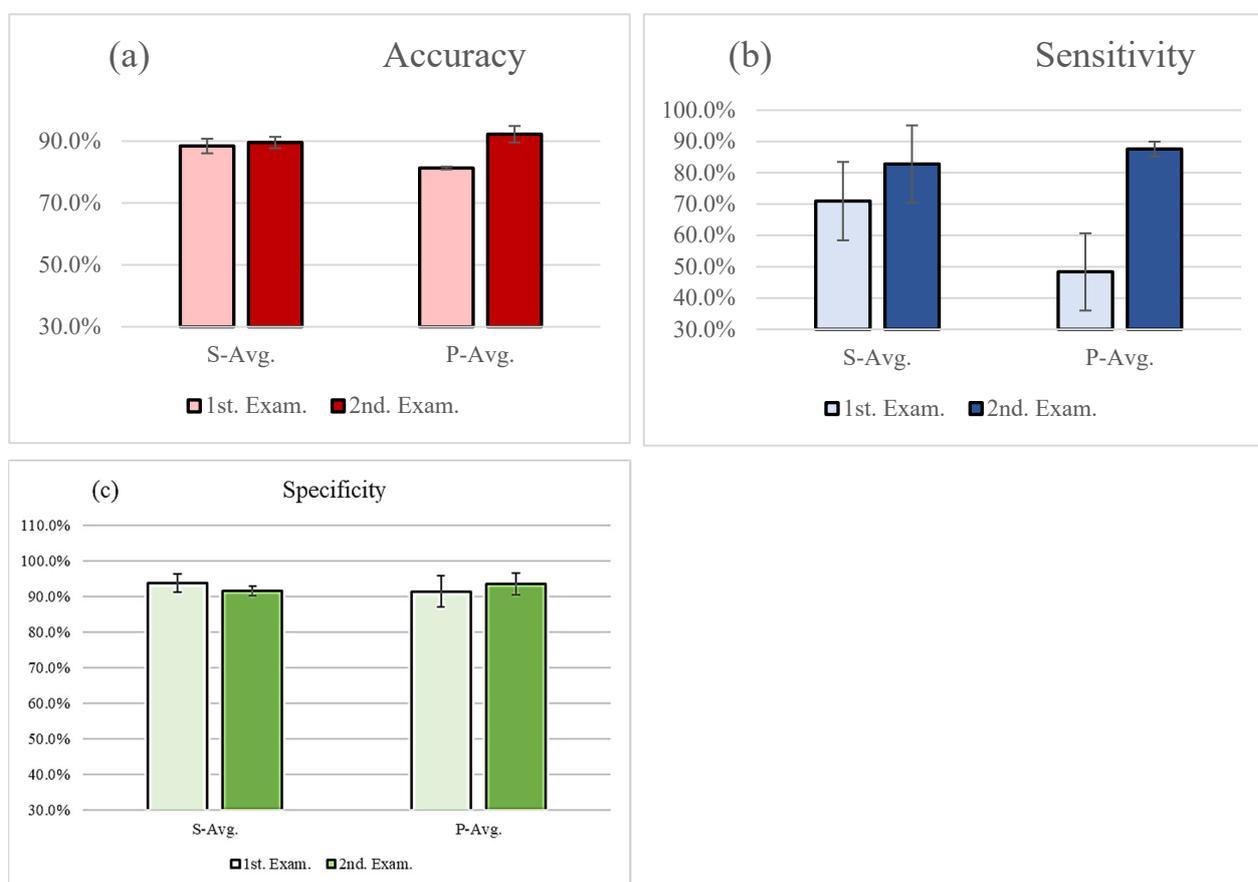


図 3. AI モデルの診断補助効果

放射線科専門医 3 名、放射線科専攻医 3 名が AI モデルと同症例を診断したところ、AI モデルの補助がない状態での (a) 正診率 (Accuracy) はそれぞれ、88.3%、80.1%となり、AI モデルの補助下で診断するとそれぞれ 89.6%、92.3%へ上昇を認めた。(c) 特異度 (Specificity) に大きな変化は認めなかったが、(b) 感度 (Sensitivity) は放射線科専攻医群において、AI モデルの補助による有意な成績向上を認めた。

(S-Avg. = 放射線科専門医群成績の平均値、P-Avg. = 放射線科専攻医群成績の平均値、1st. Exam = AI モデルの補助がない状態での成績、2nd. Exam = AI モデルの補助下での成績)