

人工知能による小腸粘膜傷害の診断 —AI を活用したカプセル内視鏡画像診断支援システムの開発—

1. 発表者：

青木 智則（東京大学医学部附属病院 消化器内科／大学院医学系研究科 消化器内科学
博士課程 4 年生）

山田 篤生（東京大学医学部附属病院 消化器内科 助教）

小池 和彦（東京大学医学部附属病院 消化器内科／大学院医学系研究科 消化器内科学 教授）

多田 智裕（株式会社 AI メディカルサービス CEO／ただともひろ胃腸科肛門科 院長／
東京大学医学部非常勤講師）

2. 発表のポイント：

- ◆人工知能（AI）を活用して、カプセル内視鏡画像から小腸粘膜傷害を高精度で自動検出するシステムを開発しました。
- ◆本研究成果は、大量のカプセル内視鏡画像を読影する負担を減らすとともに、病変の見逃しを防ぐための画期的なシステムにつながる点で重要な成果です。
- ◆体への負担が少ないカプセル内視鏡検査のさらなる普及に寄与することが期待されます。

3. 発表概要：

このたび、東京大学医学部附属病院（病院長：齊藤延人、所在地：東京都文京区）消化器内科の青木智則医師（大学院生）、山田篤生助教、小池和彦教授らのグループと株式会社 AI メディカルサービス（CEO：多田智裕、所在地：東京都豊島区）は共同で、人工知能（AI）を活用し、小腸カプセル内視鏡画像の中から粘膜傷害（びらん・潰瘍）を高精度で自動検出する内視鏡画像診断支援システムを開発しました。

薬や炎症による粘膜傷害は、胃や大腸だけでなく小腸にも起こります。小腸はカプセル型の内視鏡を用いて見ることができ、粘膜傷害は最も高頻度な異常です。しかし、1 患者あたり 6 万枚程度の内視鏡画像を 30～120 分かけて読影するのは、読影者にとって大きな負担であり病変が見逃されることも危惧されます。病変自動検出システムがあれば、これらを軽減できる可能性があります。

本研究グループは最先端の AI 技術であるニューラルネットワーク（注 1）を用いたディープラーニング（注 2）を活用し、小腸のびらん・潰瘍が写った 5,360 枚の内視鏡画像を AI に学習させ、病変検出力の検証をしました。その結果、検証用の内視鏡画像 10,440 枚から、びらん・潰瘍を 91%の精度で正診することができました。また、10,440 枚の画像の解析に要した時間は 233 秒であり、解析速度は人間の能力をはるかに超えるものでした。さらに、本システムは熟練した内視鏡医が発見できなかった病変も見つけることができ、病変見逃しの防止につながる可能性も示しました。

これまで、AI を活用したカプセル内視鏡診断支援システムは確立されていません。今後さらに、検出精度の向上や粘膜傷害以外の病変の検出といった応用を進め、小腸病変検出を支援するカプセル内視鏡診断支援システムの実用化を目指します。

本研究成果は、米国内視鏡医学雑誌『Gastrointestinal Endoscopy』オンライン版（2018 年 10 月 25 日付）に掲載されました。

4. 発表内容：

<研究の背景>

2000年に初めて報告されたカプセル内視鏡は、それまで胃・大腸内視鏡では観察できなかった小腸用の検査として、消化管領域の診療に革命的な変化をもたらしました。体への負担が少ない検査で、1患者あたり約6万枚の内視鏡画像を撮像できますが、その読影には30～120分程度を要し読影者にとっては大きな負担となっています。また、大きな異常所見でもたった1枚の画像にしか写っていないこともあり、読影において病変の見逃しも危惧されています。コンピューターによる病変自動検出システムがあれば、読影者の負担や見逃しを軽減できる可能性があります。さらに、カプセル内視鏡のさらなる普及につながることも期待されます。

カプセル内視鏡における小腸異常所見の中で最も頻度が多いのは、薬や炎症による粘膜傷害（びらん・潰瘍）です。しかし、びらん・潰瘍は周囲粘膜との色の変化に乏しい場合も多く自動検出法は確立されておられません。

近年、人工知能（AI）による画像認識能力は大きく進歩し、人間と同等以上の成績が報告されるようになりました。医療分野でも目覚ましい進歩を遂げており、内視鏡領域ではAIによる食道・胃・大腸の病変拾い上げが報告されています。そこで本研究グループは、カプセル内視鏡画像の小腸びらん・潰瘍所見を自動検出するための、AIを用いたシステム開発を試みしました。

<研究の内容>

1. AIを用いた内視鏡診断システムの開発

本研究グループは、AIに機械学習（注3）をさせることにより、小腸びらん・潰瘍をカプセル内視鏡画像から自動的に発見するシステムの開発に取り組みました。機械学習において非常に重要なのはAIに覚えさせる内視鏡画像（教育用データ）が高品質で十分な量であることですが、東京大学医学部附属病院はこれまで1,000件以上のカプセル内視鏡検査を行ってきており、膨大なカプセル内視鏡画像を蓄積しています。今回は、5,000枚以上の小腸びらん・潰瘍画像を準備し、その画像から熟練した内視鏡医が質の高い内視鏡画像を選別し、細かく病変の範囲をマーキングして、びらん・潰瘍の教育用データを作成しました。

そのデータを、株式会社AIメディカルサービスが独自に開発したニューラルネットワークによるディープラーニング・システムに導入し、学習させることで、カプセル内視鏡診断支援システムを開発しました。

2. 内視鏡診断システムの評価

2.1 カプセル内視鏡診断支援システムの検証用データ

2015年1月から2018年1月に東京大学医学部附属病院でカプセル内視鏡検査を行った65人のカプセル内視鏡画像のうち10,440枚（びらん・潰瘍440枚、正常小腸10,000枚）を用いて、今回のカプセル内視鏡診断支援システムを検証しました。

2.2 成績

カプセル内視鏡診断支援システムは10,440枚の検証用画像を233秒で解析し（44.8枚/秒）、びらん・潰瘍検出のROC-AUC値（注4）は0.958と高精度でした（図1）。感度、特異度、正確度はそれぞれ、88%、91%、91%でした。さらに本システムは、読影医が正常小腸と判断していた10,000画像のうち、3画像内にびらんを新しく見つけました。

<今後の展望>

カプセル内視鏡診断支援システムのAIは、さらに学習することで診断精度を向上させることが可能です。カプセル内視鏡は消化管内で自動的に多くの写真をとるため、観察に不適切な泡や食物のカスが画像内に含まれることが珍しくありません。AIはそれらを病変であると間違っ
て認識したり（偽陽性）、それらの影響で病変を検出できなかつたり（偽陰性）することもあり、それらが病変ではないとAIに学習させることにより改善が期待されます。

また、カプセル内視鏡画像にはびらん・潰瘍のみならず、癌や血管異常といった病気も写ります。今後はこれら多種類の異常を一度に検出するシステムの開発に取り組みます。

本システムを今後さらに改良し、臨床評価と実用化に必要な手続きを進め、医療現場に実装することを目指します。カプセル内視鏡画像の読影には熟練が必要なため、カプセル内視鏡検査を導入できる施設は限られています。システムを用いて読影負担や見逃しを減らせることができれば、専門医が少ない地域へのカプセル内視鏡の普及も見込めます。

5. 発表雑誌：

雑誌名：Gastrointestinal Endoscopy

論文タイトル：Automatic detection of erosions and ulcerations in wireless capsule endoscopy images based on a deep convolutional neural network

著者：青木智則、山田篤生*、青山和玄、斎藤宏章、壺井章克、中田史子、新倉量太、藤城光弘、岡志郎、石原聡一郎、松田知己、田中信治、小池和彦、多田智裕（* 責任著者）

DOI 番号：10.1016/j.gie.2018.10.027

アブストラクト URL：[https://www.giejournal.org/article/S0016-5107\(18\)33200-0/fulltext](https://www.giejournal.org/article/S0016-5107(18)33200-0/fulltext)

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 消化器内科
大学院生 青木 智則（あおき ともりのり）
電話：03-5800-8812（研究室直通）
E-mail：tomoaoki-tky@umin.ac.jp

東京大学医学部附属病院 消化器内科
助教 山田 篤生（やまだ あつお）
電話：03-5800-8812（研究室直通）
E-mail：yamada-a@umin.ac.jp

<AI メディカルサービスに関するお問い合わせ先>

株式会社 AI メディカルサービス
広報担当 戸ヶ崎 淳子
電話：03-6903-1028 E-mail：info@ai-ms.com

<取材に関するお問い合わせ先>

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）
電話：03-5800-9188（直通） E-mail：pr@adm.h.u-tokyo.ac.jp

7. 用語解説：

注 1) ニューラルネットワーク：

人間の脳の神経細胞ネットワークを模倣し、数理モデル化したものの組み合わせのことです。

注 2) ディープラーニング：

ニューラルネットワークの層を増やすことにより、画像認識などの処理能力を画期的に向上させた機械学習の一形態です。AI の急速な発展を支える技術です。

注 3) 機械学習：

コンピューターが、与えられた多量の画像などから特徴やルールを自律的に学ぶことです。

注 4) ROC-AUC 値：

The area under the receiver operating characteristic curve 値の略です。判別モデルの性能を評価する指標の 1 つで、AUC は 0 から 1 までの値をとり、値が 1 に近いほど判別能が高いことを示します。

8. 添付資料：

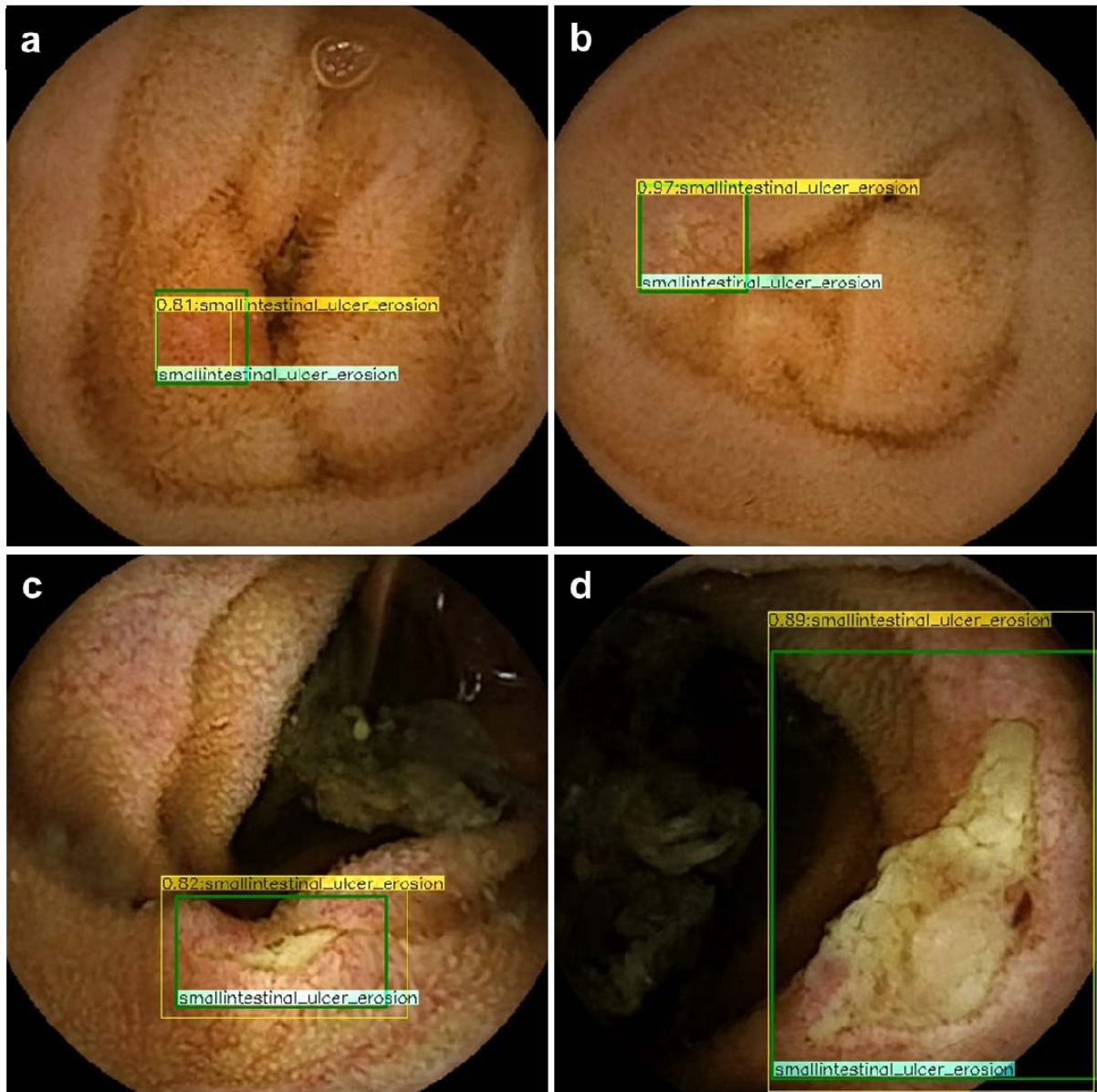


図 1：カプセル内視鏡診断支援システムによる小腸びらん・潰瘍の検出例

緑の枠は内視鏡医がびらん・潰瘍の位置をマーキングしたもので、黄色の枠はカプセル内視鏡診断支援システムがびらん・潰瘍を検出したマーキングです。今回開発したシステムは、このような小さなびらんから大きな潰瘍まで検出することができました。