

処置具先端部を基準とした内視鏡仮想スケールの開発

富山大学附属病院 光学医療診療部
藤浪 斗

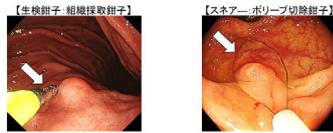
目視での測定は正しいのか？

- 目視によるポリープサイズの測定は、再現性・客観性に乏しい。
- 目視精度は63%といわれている。



既存の器具で測定できないか？

- 通常行う大腸内視鏡検査、ポリープ切除で良く用いる内視鏡処置具は、「生検鉗子」「スネアー」がほとんどで、どの病院でも採用済みである。
- すでに所有している処置具でサイズ測定できる方法を考えた。



Step1. 処置具データの取得、学習

- 上部・下部内視鏡から様々な処置具を出して、**処置具の特徴と位置を学習**させた。

- ① 処置具画像を約250枚用意した
- ② アノテーションはlabelmeを用いた
- ③ データはYOLO形式で出力した

↓

Ultralytics YOLO v8 で custom model を作成した

- batch = 8
- epochs = 100
- imgsz = 320

Step2. 魚眼レンズの補正

- 内視鏡画面に映る対象物から魚眼レンズ特性を取得し、近似式を算出し補正した。

① 鉗子先端に5mm間隔の同心円を投影し、処置具先端位置からの距離を測定しデータを収集した

② 鉗子先端座標(x,y)に基づいた、5, 10, 15, 20mmの位置を計測し、測定値から楕円形式を出力した。

エッジデバイスとして機能させる

- メインにRaspberry Pi4 (5)を用いた

内視鏡画像 → HDMI Splitter → Video capture → Edge TPU + Raspberry Pi4B-PS → AIシステム → Results display

Raspberry PiのGPU能力はリソースに余裕があるため、AI処理と内視鏡画像分割を、AI結果のみをRaspberry Piで行い、CPUを合成することでリアルタイム表示(2FPS程度)を実現した。

【検証】目視と仮想スケールの精度比較

- 目視と仮想スケールの精度を比較するため、5人の初心者と5人の上級医が6つのポリープを目視と仮想スケールでサイズを測定し、測定結果を比較した。

Step 1. 目視でのサイズ評価: ①から⑥までを順に目視でサイズ評価する

Step 2. 次に仮想スケールを用いて①~⑥を順にサイズを評価する。

令和6年度北海道大学CLAPを受講して

- 診断・治療支援特論、手術支援特論を受講するため、北海道大学CLAPを選択した。
 - 専門は消化器内視鏡(胃カメラ・大腸カメラ)であるため、AIとの親和性も高く、自作AIをいくつか構築しているなかで、他分野の傾向を知りたかった。
 - 講義を通して、内視鏡以外の治療支援AIの現状を知る良い機会となった。
- 治療支援AIの実用化は難しいと感じた(自作の限界を感じた)
 - ローカルで動作させるために、YOLOやEfficientNet、Google Vertex AIなどを使用してきたが、1つのパラメータに対する支援は可能かと思われた。
 - 手術操作はいくつものパラメータと、複雑な交絡因子のもと、高い精度で遅延のないAI処理が必要なことから、自作でのAI開発には限界を感じている。

ポリープ切除はサイズで治療法が異なる

- 5mm未満のポリープは経過観察とし切除せず、10mm未満の腫瘍は電気メスを用いないポリープ切除(Gold snare)、10mm以上や癌を疑う病変では電気メスを用いる、とガイドラインに従い**サイズ別に治療法が異なる**。



目視を補助するツール

- サイズ測定を補助する様々な道具が市販されているが、何れもサイズ測定専用の道具であり、**特別に器具を準備するデメリット**がある。
- 使うメリットは約85%の測定精度が得られたと報告されている。



仮想スケール内視鏡の開発

Step 1. 処置具先端位置をAIで認識させる

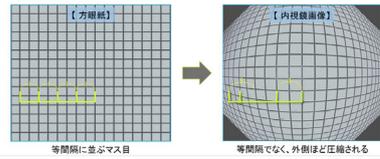
Step 2. 魚眼レンズの補正

Step 3. プログラム作成(動作環境)

本スケールAIのアイデア、データ収集、モデル作成、プログラムはすべて自作した

Step2. 魚眼レンズの補正

- 内視鏡画面は魚眼レンズにより、画面の中心と外側ではサイズが大きく違う
- この**歪み**が原因で目視によるサイズ測定の精度を低下させている。



Step3. プログラム作成(python)

- 処置具先端位置をゼロ基準とした仮想スケールを画面内にリアルタイム表示させる。

内視鏡画面から、枠部分を切り取り読み込む

物体検知で「処置具」の有無を判定させる

処置具あり → 処置具なし

処置具を囲うBounding Boxの左上座標(x,y)を取得 (画面上には実測したBounding boxは表示されない)

座標(x,y)を基準とした仮想スケールをOpen CVで描出させる(座標の長さは先述の近似式で計算)

仮想スケールの動作

仮想スケールの動作は、YouTubeで限定公開中!!

【検証】結果

- 仮想スケールの測定精度は最小でも90.5%で、目視を有意に上回った

仮想スケールで測定した結果	形状、サイズ	Ip 10mm	Ia 20mm	Isp 5mm	Isp 10mm	Is 7mm	Ia 15mm	Overall accuracy
測定値(平均)		10.1	18.1	4.9	10.4	7.6	14.8	94.6%
誤差		+0.1	-1.9	-0.1	+0.4	+0.6	-0.2	
精度(%)		99.0	90.5	98.0	98.0	91.4	98.7	

目視で測定した結果	形状、サイズ	Ip 10mm	Ia 20mm	Isp 5mm	Isp 10mm	Is 7mm	Ia 15mm	Overall accuracy
測定値(平均)		6.1	9.9	3.5	7.6	5.2	11.2	67.6%
誤差		-3.9	-10.1	-1.5	-2.4	-1.8	-3.8	
精度(%)		61.0	49.5	70.0	76.0	74.3	74.7	

* Chi-square test

最も気になった話題

- 手術支援特論で最も参考になった、目指すべき方向性を見つけた。

手術支援特論 EUREKA

内視鏡治療も同様で、エキスパート内視鏡医が見ている「安全層」「危険層」を、AIで可視化して術中にリアルタイムで数値結合領域の位置や領域を推定し、手術画像に同心領域を色調を差えて視覚表示できる手術支援AIの開発を模索している