

A-09 カプセル内視鏡のための低演算量型移動方向判定システムの実装

奥山 椋太*, 黒崎 正行**

(*九州工業大学大学院 情報工学府, **九州工業大学大学院 情報工学研究院)

1. はじめに

近年、既存のカプセル内視鏡に対し、検査時間や検査画像数の削減を目的に、走行機構を搭載した自走式カプセル内視鏡の開発が進んでいる。走行の制御が可能になったことで、腫瘍の位置を認識し近づいていくシステムに需要が高まっているが、カプセル内視鏡などの小型端末に演算量の多いAIを搭載するのは困難である。そこで本研究では自走式カプセル内視鏡に搭載できるように、先行研究[1]によって提案された学習モデルの低演算量化および、EFR32FG25ボードを対象とした移動方向判定システムのハードウェア実装を行う。

2. 移動方向判定システムの概要および実装

本研究では、FCN (Fully Convolutional Network) に基づいて提案された、異常部位を認識する学習モデル[1]を用いる。カプセル内視鏡の移動方向は、AIによって出力された異常部位の予測を9分割し、異常部位の画素が最多の領域を選択する。

既存の学習モデルは、組み込みを行うハードウェアのフラッシュメモリ256KB・RAM512KBそれぞれに対し約10倍のサイズとなっており、ハードウェア上には搭載できない。本研究では、各処理層のカーネルサイズや出力チャンネル数、画像サイズに着目し、図1に示す学習モデルに変更する。加えて、TensorFlow Liteが提供する学習後の完全な整数量子化 (INT8) およびハードウェア上における推論実行方法の確立により、メモリ制約内で柔軟に調整可能な移動方向判定システムの実装に成功しており[2]、図2に示すように任意の体内画像に対し移動方向の判定結果をハードウェア上で確認することができる。

3. 学習モデルの比較・検討

本研究では、メモリ制約内における学習モデル最適化のための第一段階として、同一構造における画像サイズの拡大が学習モデルに与える影響を調査する。

まず、図1に示す64×80の画像で学習したモデルに対し、画像を96×120、128×160に拡大し、それぞれ再学習した際の移動方向正解率、推論によるRAMの使用量、ハードウェア上での推論時間の比較を行った結果を表1に示す。ここで、移動方向正解率は選択した移動方向が腫瘍の存在している領域と被覆している場合を正解とした確率である。表1より、画像サイズの拡大により移動方向正解率が向上していることがわかる。また、RAM使用量は固定オーバーヘッドを3.0KBと見ると画像サイズの拡大倍率と同様に増加しており、推論時間についても同様である。

次に、表1で比較した画像サイズそれぞれに対し、テストデータを腫瘍の画素数に応じて小さい順にQ1, Q2, Q3, Q4に分け、各グループの移動方向正解率を求めた結果を表2に示す。表2より、64×80の画像と拡大後と比較すると、腫瘍の大きいQ3, Q4はすべて10%未満の正解率の向上であるが、Q1においてはそれぞれ15%程度、Q2においては128×160の画像で13.7%向上している。

以上より、メモリ制約内で画像サイズを拡大することで、比較的小さい腫瘍に対してもより正確な移動方向を判定することが可能であることがわかる。

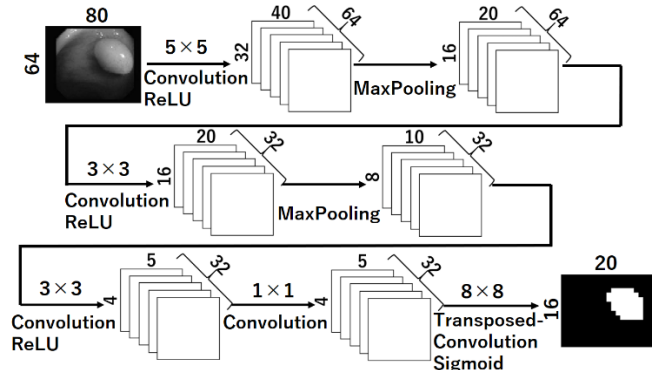


図1：実装に成功した腫瘍認識学習モデル

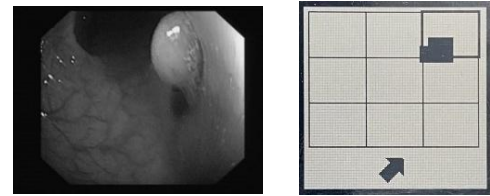


図2：ハードウェア上推論結果と判定移動方向

表1：画像サイズごとの学習モデル比較

画像サイズ	移動方向正解率[%]	推論RAM使用量[KB]	推論時間[s]
64×80	80.2	103.0	0.4
96×120	86.4	228.0	0.9
128×160	88.2	403.0	1.6

表2：腫瘍の大きさごとの学習モデル比較

画像サイズ	移動方向正解率[%]			
	Q1	Q2	Q3	Q4
64×80	57.7	73.8	94.0	93.9
96×120	72.5	77.8	95.0	100.0
128×160	72.8	87.5	95.0	97.6

4. まとめ

本研究では、移動方向判定システムの低演算量化およびハードウェア実装を行い、画像サイズと学習モデル評価の関係性を調査した。結果として、メモリ制約内で柔軟な調整が可能な低演算量型移動方向判定システムの実装に成功し、画像サイズ拡大による移動方向判定の精度向上を示した。今後の展望として、実用性向上に向けた推論時間の高速化が挙げられる。

参考文献

- [1] 山本悠登, 尾知博, 黒崎正行, “小型端末におけるFCNを用いた腫瘍検出の一検討,” 電子情報通信学会九州支部学生会講演会論文集, Sept. 2021.
- [2] 奥山椋太, 黒崎正行, “カプセル内視鏡のための移動方向判定システムの実装～FCNにおけるメモリ削減手法～,” スマートインフォメディアシステム研究会, June. 2025.