

深層学習を用いた頭頸部がんに対する放射線治療計画支援システムの開発

Deep learning based planning system of radiotherapy for head and neck cancer

尾崎 翔

弘前大学大学院理工学研究科

1. 研究目的

本研究では、2D, 2.5D, 3D U-Net を用いて、腫瘍及び臓器の自動輪郭抽出システムを開発する。2D U-Net と 3D U-Net はそれぞれ、2 次元の畳み込みニューラルネット (CNN) と 3 次元の CNN を用いた U-Net である。2.5D U-Net は単一の手法を示した言葉ではないが、臓器ラベルを予測するために上下数スライスの画像を用いたり (stacked 2.5D)、Coronal 方向、Sagittal 方向、Axial 方向 (x, y, z の 3 方向に対応) から 2 次元的に臓器ラベル予測を行い、合議制で着目している Voxel のラベルを決定する方法など、2 次元と 3 次元の情報を部分的に組み合わせた手法を指している。これらの手法を系統的に評価する。評価方法は、Dice 係数を用いた定量的な評価と、医師による臨床的な評価を合わせて行い、実際の臨床にも耐え得る頭頸部の自動輪郭抽出システムを開発する。

2. 研究成果の内容

東大病院で前立腺がん及び頭頸部がんに対して放射線治療を行なったそれぞれ 30 症例の患者画像データ及び囲いデータに対して、25 症例を学習用データ、5 症例を検証用データとして使用した。深層学習モデルとしては 2D, 2.5D, 3D U-Net を用いて、下腹部及び頭頸部領域の臓器のオートセグメンテーションを行なった。医師の囲いを正解として、L2 損失、Dice 係数損失、Focal 損失を最適化することでモデルの学習を行なった。評価では、Dice 係数を用いて正解との一致度を測ることで定量的に評価を行なった。下腹部領域のオートセグメンテーションでは、全ての臓器の Dice 係数で 3D U-Net が最も良く、2.5D U-Net が次に良かった。2.5D U-Net は、2D U-Net と比べて、Dice 係数が平均 0.01 ほど向上し、3D ではさらに 0.03 ほど向上した。特に、3D U-Net では全ての臓器で Dice 係数が 0.8 を上回った。頭頸部領域の Dice 係数の結果では、全ての臓器の平均値においてやはり 3D U-Net が最も良く、次に 2.5D が良かった。各臓器の Dice 係数の結果から、2D U-Net と比べて、2.5D 及び 3D U-Net での向上が認められた。しかしながら、頭頸部領域の臓器は、耳下腺や水晶体など、下腹部領域と比べて小さい臓器が多く、それらの臓器では Dice 係数が 0.5 を下回るものもあった。今後は、弘前大学病院のデータを追加して、より多くの学習データでモデルの性能向上を目指す。

3. 学際共同利用プログラムが果たした役割と意義

2D U-Net であれば、申請者が保有している民生の GPU で学習可能であったが、3D U-Net においては、大きなメモリを搭載した GPU マシンを使って計算する必要がある。Tesla V100 GPU を複数搭載した Cygnus を用いて、本研究で用いる 3D U-Net のアーキテクチャの改良や評価を繰り返し行うことが可能となり、2D U-Net と比べて高い精度の輪郭抽出が可能となった。

4. 今後の展望

本年度の研究では、前立腺がん患者を対象とした下腹部領域のオートセグメンテーションにおいて、Dice 係数が全ての臓器で 0.8 を超える高い精度を示した。一方で小さい臓器が多く存在する頭頸部領域では、Dice 係数が 0.5 を下回る臓器もあった。今後は、弘前大学病院のデータを追加して、より多くのデータで学習し精度の向上を目指す。この研究の遂行のために、すでに弘前大学医学部の倫理申請を通してしている。また今後は、本研究の発展として、放射線治療の自動化のために深層学習を用いた位置照合用 CT の画質改善、放射線治療計画における線量分布生成に関する研究を行う予定である。

5. 成果発表

- (1) 学術論文
- (2) 学会発表
- (3) その他

尾崎 翔（招待講演）「深層ニューラルネットワーク及び拡散モデルを用いた逆問題解析手法の開発とその CT 画像再構成法への応用」第 4 回「医学と数理」研究会 2023 年 9 月 29-30 日 東北大学

使用計算機	使用計算機に ○	配分リソース※	
		当初配分	追加配分
Cygnus	○	4500	200
Wisteria/BDEC-01			
※配分リソースについてはノード時間積をご記入ください。			