

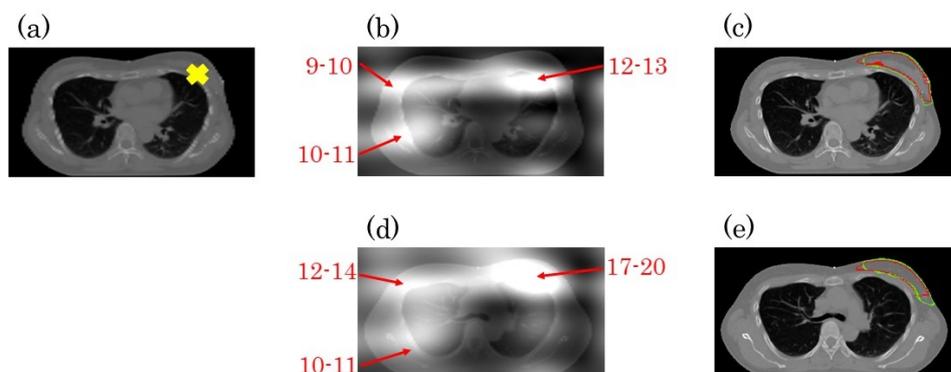
乳がんに対する放射線治療における治療計画立案の 深層学習を用いた自動化の検討

Automatic planning of radiation therapy for breast cancer using deep learning

大矢 めぐみ
理化学研究所

1. 研究目的

乳がんに対して乳房温存手術後の放射線治療は再発率を低減するというエビデンスがあり、標準治療の一環として行われている。放射線治療を行う際にはがん細胞が存在する可能性がある領域をターゲットとして決定する必要がある。ターゲットの決定には患者の 3 次元的な画像情報が取得可能なコンピュータ・トモグラフィ (CT) が用いられる。本プロジェクトではこれまで、深層学習を用いて、CT 画像上に放射線治療のターゲットである乳腺組織を描出するセグメンテーションの自動化に取り組んできた。更に、3 次元畳み込みニューラルネットワークが予測を行う際にどういった特徴に焦点を当てているかの検証を行った【図】。また、入力 of CT 画像から、治療対象の乳房が左右どちらなのかの判別にも取り組んだ。



本プロジェクトでは、上記にて描出したターゲットの情報を用いて、安全で効率的な治療計画の立案を、深層学習を用いて自動化する方法の開発を目指す。放射線治療においては、がん組織には高い放射線量を与えながらも、隣接する正常組織に対しては放射線量を低く抑える必要がある。この最適なバランスを、患者や臓器ごとに実現するには様々なパラメータ調整が必要である。現在この作業は人の手による試行錯誤により実施されているため時間を要し、立案された計画のクオリティーも、時間の制約や実施者の熟練度による差が発生する。様々な自動化の手法も検討されているものの、十分な計算環境が必要とされることが多い。

そうした放射線治療計画の最適化を高精度に自動化するために、3つの課題を検討した。まずは過去の放射線治療データと CT 画像からの、最適なガントリー角(治療ビームの入射方向)の予測である。次に、がん組織の形状に合わせた最適な照射野の形状を、深層学習によって求める。最終的には、最適な線量の分布(がん組織のみに線量を集中させた状態)を実現するためのパラメータ決定を自動化することを目指す。

2. 研究成果の内容

がん組織には高い放射線量を与え、隣接する正常組織では放射線量を低く抑えることができるような最適な線量の分布を実現するための治療パラメータ決定の自動化について、新たに強化学習の手法を取り入れてパラメータ選択の最適化を実施することで、人間による意思決定の精度を上回る治療計画を提案することを目指していた。しかしながら、強化学習を実施するに足るだけのデータ抽出が難航しており、本年度の成果としてはサンプルデータを用いて試験的な計算を実施するまでにとどまっている。

3. 学際共同利用プログラムが果たした役割と意義

本研究では画像データを扱っており、またそれぞれのデータは3次元となっている。各患者の3次元画像データの前処理に大きく計算リソースを必要とする他、処理済みの3次元データをCNNに実装するためには、メモリ容量が十分確保できるGPUを用いて計算を実施する必要がある。Cygnusには、1ノード4台のGPUが搭載されており、それらを同時に使用できることは本研究を進めていくにあたり大きなアドバンテージである。また特に深層強化学習を実施する上では十分な試行回数を確保する必要があり、そのためにはCygnusのような並列実行環境を要する。本学際共同研究によって、豊富なGPU環境を用いて効率的に研究を実施することが可能となった。また、計算の高速化技術について理解を深め、実際の課題に応用する可能性を広げることができた。年に1度開催されるシンポジウムでは日常の業務ではなかなか聞くことができない様々な分野の研究発表に触れることができ、見識を広げる貴重な機会をいただいている。

4. 今後の展望

強化学習を用いた放射線治療計画の自動化については今後も引き続き取り組む予定であるが、時間がかかることが予想されるため、2023年度は医用画像からのRadiomics 特徴量抽出と、時系列での状態遷移の可視化という別の目標の実施を目指す予定である。

5. 成果発表

- (1) 学術論文
- (2) 学会発表
- (3) その他

大矢 めぐみ, 杉本 聡, 笹井 啓資, 横山 和仁: RPT 誌土井賞受賞論文紹介 全乳房放射線照射における, 3次元畳み込みニューラルネットワークを用いた臨床標的体積の自動セグメンテーションの, 勾配加重クラス活性化マッピングを用いた検証. 医学物理 2023 年 43 巻 1 号 p.21.

doi: https://doi.org/10.11323/jjamp.43.1_21

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	○	3150	
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。			