

乳癌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

順天堂大学

1. 研究目的

乳癌に対して腫瘍摘出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。現在はCT画像上に手動で、放射線治療のターゲットとなる照射領域として乳腺組織を3次元的に描出している。しかしながら、この作業は時間を要し、また描出する乳腺組織も誰が描出を行うかによって差が生じうる。この作業を自動化することができれば、医療者の負担を減らすとともに、患者により精度の高い放射線治療を提供することが可能となる。

これまで深層学習を用いたものを含めてターゲット描出の自動化の方法が検討されているが、その精度は十分ではない。また、ターゲットを描出の後、患者に照射するビームの方向、照射線量等を決定する治療計画作業への深層学習の適用も研究段階である。

本研究では、順天堂大学医学部附属順天堂医院において、過去に乳癌の腫瘍摘出手術後に放射線治療を行った患者の治療データ（CT画像、ターゲット・正常臓器の輪郭情報、治療ビームの入射方向、照射線量等）を入力として深層学習を行い、放射線治療のターゲットである乳腺組織を自動検出する手法の開発を目指す。さらに描出したターゲットの情報をを用いて安全で効率的な治療計画の立案までを深層学習を用いて自動化する方法の開発を目的としている。

2. 研究成果の内容

これまで、放射線治療のターゲットである乳腺組織を高精度に検出することを目的に研究を行ってきた。3D-UNet と呼ばれる3次元画像を扱うことのできる畳み込みニューラルネットワークを用いて、乳腺のターゲット領域の抽出を行った。3D-UNet に入力するデータとして、過去に乳癌の腫瘍摘出手術後に放射線治療を行った192名分の患者のCT画像およびターゲットの輪郭情報を収集した（そのうち、98名は左に

乳がんのある患者データ、94名は右に乳がんのある患者データである)。これらのデータのうち8割を学習用、残り2割を検証用として、入力 of CT 画像からターゲットの輪郭を出力するように深層学習を実施した。ターゲット領域抽出の精度は、Dice 係数を用いて評価した (Dice 係数とは、2つの領域の重なり具合をあらわす指標である)。この結果、右乳がんおよび左乳がんのどちらも含むデータセットから行った深層学習では、Dice 係数で 0.885 という結果を得た。また、右乳がん患者のみのデータセット、もしくは左乳がん患者のみのデータセットを用いた深層学習を行ったところ、その精度は 0.9 程度となった。

これらの結果から、畳み込みニューラルネットワークを用いれば、治療対象の乳房が左右どちらであるかを判別できることが示唆されたため、CT 画像から左右分類のみを行う別の畳み込みニューラルネットワークの学習を行った。その結果、192名すべての患者データにおいて、左右を正確に判別することができた。

これまでに実施された深層学習の結果として得られた学習済みモデルに対し、Grad-CAM heat map という手法を適用し、これらのネットワークが画像上のどのような特徴に着目して処理を行っているのかを可視化した。その結果、左右判別のネットワークは、CT 画像上のスキンマーカ (放射線治療計画に用いる CT 画像を取得する際に目印として患者の皮膚上に置かれたもの) を見て、左か右かを判断していることがわかった。ターゲット領域抽出を行ったネットワークでは、ターゲット領域やスキンマーカのみならず、CT 画像全体に広く着目しながら、抽出すべき領域を決定していることがわかった。

3. 学際共同利用が果たした役割と意義

本研究を進める上で、学際共同研究により提供された高性能な計算環境は必須のものであった。本研究では各患者から収集された3次元画像データを扱っており、使用データの量は大きなものとなる。それらに対し前処理を行い、学習を実施するには、メモリ容量が十分確保できる GPU を複数台用いて計算を実施する必要がある。学際共同研究を通じて Cygnus を使用することで、豊富な GPU 環境を用いて効率的に研究を実施することができた。

4. 今後の展望

今後は、これまで行ってきた学習をより患者データを増やして行うことで、どの程度の精度向上が見られるかを検証する。乳房のターゲット領域抽出を行うにあたり何人分のデータ収集を行えば十分であるかが明らかにできれば、深層学習に必要な医療データの効率的な収集につながり、大きな意義がある。

また、これまで行ってきたターゲット領域の抽出を更に発展させ、放射線治療全体の最適化についても取り組む。放射線治療計画のプロセスは非常に複雑であるため、学際共同研究による計算環境を用いて計算を実施することで、治療計画立案の高速化や自動化に貢献できることが期待される。

5. 成果発表

(1) 学術論文

(2) 学会発表

1. Megumi Oya, Satoru Sugimoto: Automatic segmentation for breast irradiation using 3D-Unet. The 7th Japan-Taiwan Radiation Oncology Symposium, 2019
2. 大矢めぐみ、杉本聡、横山和仁: Automatic target segmentation for whole breast irradiation using 3D-Unet. 第 119 回日本医学物理学会学術大会, 2020 (発表予定)

(3) その他

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	○	5000	
Oakforest-PACS			
※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。			