

令和 5 年 6 月 26 日現在

機関番号：11301

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2020～2022

課題番号：20K22795

研究課題名（和文）患者個別化医療に向けた治療前の医療画像のみから腫瘍の縮小を予測する手法の開発

研究課題名（英文）Deep learning approach to predict tumor regression for adaptive radiotherapy

研究代表者

田中 祥平（Shohei, Tanaka）

東北大学・大学病院・助手

研究者番号：90883330

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は放射線治療前のCT画像から、放射線治療による腫瘍の縮小を予測した。放射線治療の前に縮小するか縮小しないかを予測することにより、縮小する患者にのみプランの再作成を粉うことができるため、臨床現場の負担軽減や治療方法の選択肢が広がることが期待される。方法としては腫瘍のCT画像を人工知能（AI）へ入力し、そこから様々な腫瘍の特徴を数値化したものを抽出した。その数値データから腫瘍が縮小しないか縮小するかを予測した。結果としてはAUC=0.7程度のまずまずの精度で予測することができた。本研究の結果をさらに外部検証することによって今後の実用化につながっていくと考えている。

研究成果の学術的意義や社会的意義

【学術的意義】本研究により、人工知能によって、放射線治療前のCT画像から放射線治療後の腫瘍の縮小を予測することが可能であることが示唆されました。従来は、年齢や化学療法や腫瘍部位などの臨床情報を用いることが一般的でしたが、本研究により治療前のCT画像から予測が可能であることが示唆されました。

【社会的意義】本研究により、放射線治療前のCT画像から治療効果を予測すると治療計画の再計画が必要な患者を特定できたり、治療効果が薄いと認められた患者に対しては手術などの別の治療法を選択できるようになりました。このようなことから、がんの治療効果の予測に関する研究は、社会的に大きな意義を持ちます。

研究成果の概要（英文）：This study predicted tumor shrinkage by radiotherapy based on CT images before radiotherapy. It is expected to reduce the burden on clinical situation and expand treatment options, since only patients who will shrink can have their plans re-created by predicting whether a tumor will shrink or not before radiotherapy.

As a method, CT tumors images were input to the artificial intelligence (AI), from which numerical values of various tumor characteristics were extracted. Based on the numerical data, we predicted whether the tumor would shrink or not.

As a result, the prediction accuracy was about AUC=0.7. We believe that further external validation of the results of this study will lead to practical applications in the future.

研究分野：放射線腫瘍学

キーワード：放射線治療 腫瘍 人工知能 機械学習 レディオミクス CT

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

放射線治療に置いて、治療期間中に腫瘍が大きく縮小する患者がいる。中でも治療中に大きく腫瘍が縮小する肺や頭頸部癌患者においては治療期間中に線量分布が大幅に崩れてしまい、腫瘍への過少線量や正常組織への過大線量が引き起こされることが問題になっている。そのため近年、治療直前の腫瘍の形に適した線量分布を短時間で作成し照射するアダプティブ放射線治療が普及しつつある。しかしながら、全ての患者の腫瘍が縮小するわけではないことと、臨床上の負担の観点から、全ての患者に毎日アダプティブ放射線治療を行うことは現実的ではない。そこで、我々は放射線治療前の時点で患者ごとの腫瘍の縮小をあらかじめ予測しておくことで、アダプティブ放射線治療を行う患者の選定やその頻度、総線量等の治療方針を最適化することができないかと考えた。

2. 研究の目的

我々は**深層学習**と高次元の特徴量を抽出する**レディオミクス**を組み合わせたモデルを構築し、放射線治療前のCTから腫瘍が縮小する患者としない患者を分類する。さらに、縮小する患者において縮小率を高精度に予測することを目的とした。

3. 研究の方法

治療前の腫瘍のCT画像を深層学習へ入力し、深層学習のモデルから腫瘍の特徴を数値化したもの（**特徴量**）を抽出した。

この特徴量の中に腫瘍の縮小に関する特徴量が含まれていると考え、そこから実際に腫瘍の縮小に関係するものを様々な絞り込み手法にて選択していった。

最終的に残った10個の特徴量から機械学習を用いて腫瘍の縮小予測を行い、予測精度を評価した。

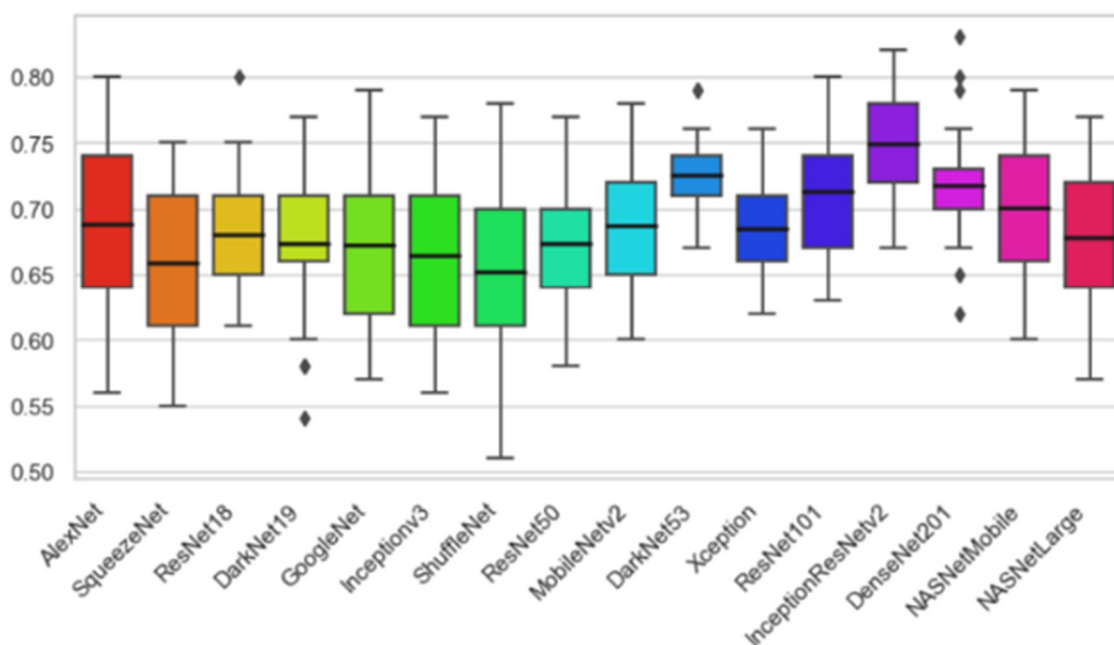
腫瘍の縮小は原発巣とリンパ節の両方の縮小を予測した。

比較対象として、従来の手法となるレディオミクスのみでの予測や臨床因子（年齢・化学療法）での予測も行い、本研究の結果と比較した。

4. 研究成果

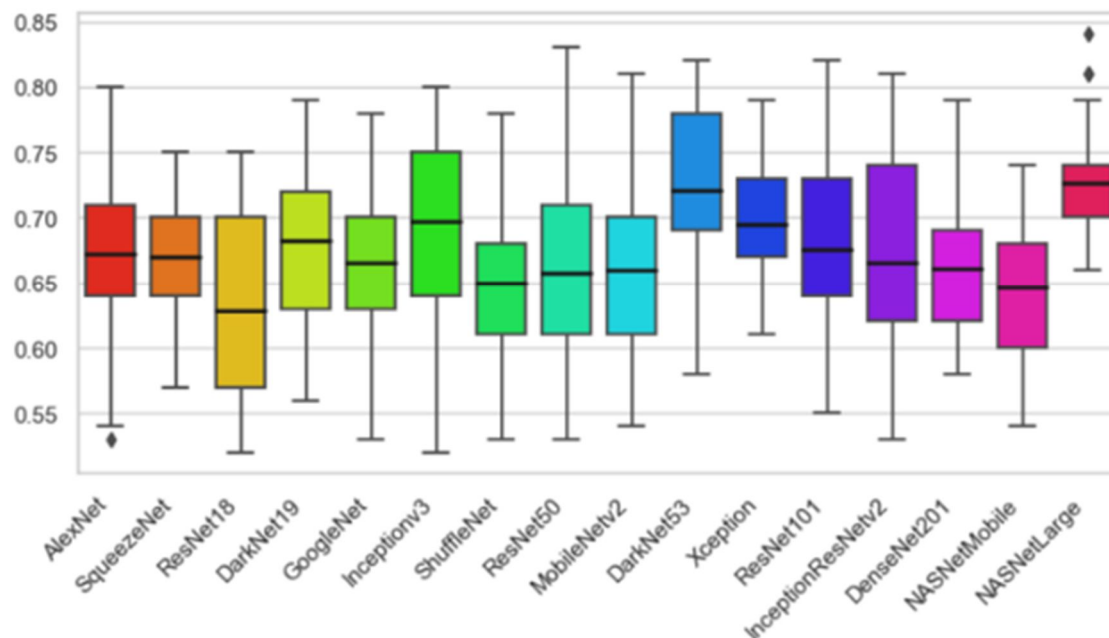
本研究は様々な深層学習のモデルを使用した。それぞれの深層学習モデルの腫瘍縮小予測の精度を示す。原発巣の縮小に関しては、InceptionResnetV2 というモデルから抽出した特徴量が、一番予測精度が高かった（下図）。

原発巣の腫瘍縮小の予測精度



リンパ節の縮小に関しては NasNetLarge というモデルから抽出した特徴量の精度が高かった(下図)

リンパ節の腫瘍縮小の予測精度

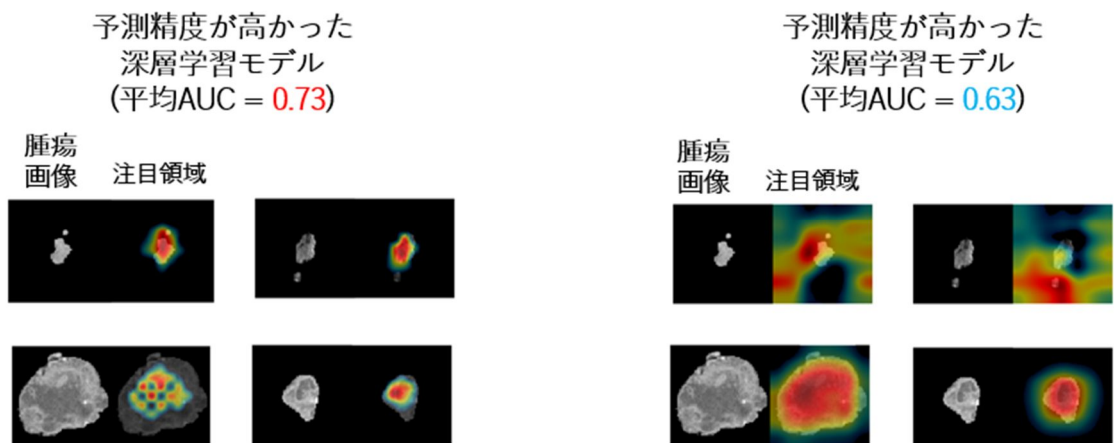


また、一番精度が高かった深層学習モデルと臨床因子や従来のレディオミクスと比較した結果を示す。原発巣とリンパ節どちらの縮小予測に関しても我々の提案手法である深層学習モデルから抽出した特徴量の予測精度が高かった(下表)。

		Mean AUC	Mean Sensitivity	Mean Specificity
原発巣の縮小予測	Inceptionresnetv2 (深層学習モデル)	0.75 (SD, 0.05)	0.72 (SD, 0.08)	0.66 (SD, 0.08)
	レディオミクス	0.63 (SD, 0.06)	0.62 (SD, 0.04)	0.60 (SD, 0.05)
	臨床因子	0.63 (SD, 0.04)	0.64 (SD, 0.04)	0.59 (SD, 0.05)
リンパ節の縮小予測	Nasnetlarge (深層学習モデル)	0.73 (SD, 0.05)	0.70 (SD, 0.06)	0.65 (SD, 0.07)
	レディオミクス	0.61 (SD, 0.06)	0.63 (SD, 0.06)	0.60 (SD, 0.05)
	Clinical factor	0.66 (SD, 0.06)	0.65 (SD, 0.05)	0.62 (SD, 0.06)

SD, 標準偏差

また、深層学習モデルの中でも予測精度が一番高かったモデルと一番低かったモデルの注目領域を比較した。この注目領域とは、深層学習がどこを見ているかを表しており、深層学習が何をもって、腫瘍が縮小するかしないかを予測しているのかへの理解へとつながる。リンパ節腫瘍の縮小に関して、一番精度が高かったモデルと一番精度が低かったモデルの注目領域を示す(下図)。下図を見て分かる通り、予測精度が高かったモデルは腫瘍の局所的な領域に注目しているのに対して、予測精度が低かったモデルは腫瘍全体や腫瘍に注目できていない場合があった。



今後はこの予測精度が高かったモデルの注目部位を更に解析することにより、腫瘍の縮小に関する画像の特徴を判明したいと考えている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Tanaka Shohei, Kadoya Noriyuki, Sugai Yuto, Umeda Mariko, Ishizawa Miyu, Katsuta Yoshiyuki, Ito Kengo, Takeda Ken, Jingu Keiichi	4. 巻 12
2. 論文標題 A deep learning-based radiomics approach to predict head and neck tumor regression for adaptive radiotherapy	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-022-12170-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Shohei Tanaka
2. 発表標題 A Deep Learning-Based Radiomics Approach to Identify Patient with Early Tumor Regression Utilizing Planning CT Images for Adaptive Radiotherapy
3. 学会等名 2021 AAPM Virtual 63rd Annual Meeting (Disposition) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田中祥平
2. 発表標題 Deep learning based radiomics アプローチによる頭頸部腫瘍縮小の予測
3. 学会等名 日本放射線腫瘍学会第34回学術大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------