

2020 年 3 月 11 日

東北大学大学院医学系研究科

コップ＝輪っか？：ホモロジー解析技術による新規画像診断法 機械学習を用いて CT 画像のみから放射線治療後の経過予測に成功

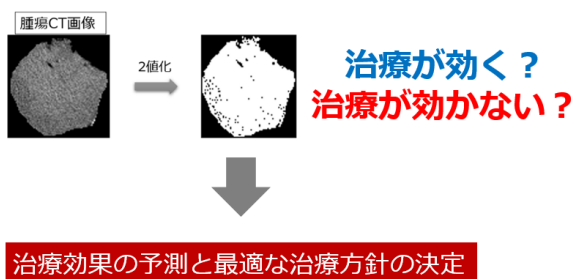
【発表のポイント】

- 放射線治療を行う前にその治療効果を正確に把握することは困難である。
- 腫瘍 CT 画像に対してホモロジー解析^{注1}技術と機械学習^{注2}を適用した結果、CT 画像から患者ごとの放射線治療の効果を高い精度で推定することに成功した。
- 患者ごとに最適な治療方針を決定する支援システムが開発できると期待される。

【研究概要】

放射線治療では、異なる患者に同じ放射線治療を施した場合でも、治療効果を正確に予測することが困難で、治療効果が高い場合と低い場合が出てきます。放射線治療を行う前に、その効果を把握することができれば、患者ごとに最適な治療法を提案できる可能性があります。今回、東北大学大学院医学系研究科放射線腫瘍学分野の神宮啓一（じんぐう けいいち）教授らのグループは、大阪大学と共同で、CT 画像の診断にホモロジー解析技術と機械学習を用いることで、治療前 CT 画像から放射線治療の効果を高い精度で予測することに成功しました。この研究成果から、治療前に治療効果を正確に予測できる診断法を確立できる可能性を示すことができ、患者ごとに最適な治療方針を決定できる支援システムの開発につながることを期待されます。

ホモロジー技術＋機械学習によるCT画像の解析



本研究成果は、2020 年 2 月 25 日に国際科学誌 Medical Physics（電子版）に掲載されました。

【研究内容】

放射線治療では、異なる患者に同じ放射線治療を施した場合でも、治療効果を正確に予測すること困難で、治療効果が高い場合と低い場合が出てきます。治療法にもよりますが、放射線治療は医療費が高額になる場合も多く、また、被曝による患者への身体的負担も考慮すると、できるだけ確実に「治療効果がある」患者を選んで治療を行うことが大切です。

今回、東北大学大学院医学系研究科放射線腫瘍学分野の神宮啓一（じんぐう けいいち）教授・角谷倫之（かどや のりゆき）助教・田中祥平（たなか しょうへい）大学院生らのグループは、大阪大学大学院医学系研究科の中根和昭（なかね かずあき）招へい教授と共同で、データの本質的な形をとらえることができるデータ解析手法として近年注目を集めているホモロジー解析技術と人工知能の一つである機械学習を用いることで、CT 画像のみから腫瘍の特性をより詳細に抽出でき、放射線治療の効果を予測できる手法を開発しました（図 1）。

ホモロジー的には「コップ」と「輪っか」は穴が一つある同じ物体であると考えられます（図 1）。ホモロジー解析では初めに、白黒の濃淡として得られる腫瘍 CT 画像を濃さによって白または黒の 2 つの色に変換（2 値化処理）します（図 2）。その際、どの濃さで白と黒に分けるか（しきい値）を連続的に変化させることで、様々なしきい値での画像のパターン（連結成分と穴の数）を取得でき、より腫瘍の特性をとらえることができます（図 3）。つぎに、腫瘍の特徴量を反映したグラフ（ホモロジーヒストグラム）を作成した後、そのホモロジーヒストグラムから特徴量を抽出します。最後に、その特徴量を機械学習に入力することで予後を予測する推定式（リスクスコア）を算出しました。

この新しい診断手法が実際の患者の治療経過を予測できるか検討するために、一般公開されている米国のがん画像データベース（The Cancer Imaging Archive）の 287 人分の画像を機械学習のためのトレーニングデータに用い、86 症例の放射線治療を行った肺癌患者に対して治療経過の予測ができるかを評価した結果、高い精度（C-index^{注3} = 0.689）で治療経過を予測できることを明らかにしました。今回のホモロジー解析による治療経過予測は、これまでで最高の予測精度を達成しました。

この研究成果から、放射線治療前に治療効果を正確に予測できる診断法を確立できる可能性を示すことができ、患者ごとに最適な治療方針を決定できる支援システムの開発につながることで期待されます。

本研究は、文部科学省科学研究費補助金の支援を受けて行われました。

【用語説明】

- 注1. **ホモロジー解析**: ある 2 つの図形について、ホモロジー計算で算出される変数（この研究では、連結成分の数と穴の数）が等しい場合にはこの 2 つの図形は似た図形であると定義する数学的手法。このホモロジーという概念では、コップも輪っかも連結部分は一つで穴も一つであるため、コップと輪っかは同じ物体であると定義できる。この考え方では連続して変形させて一致するものは同じと考えることができる。ピンポン球はいくら連続的に変形させても輪っかにはならないが、コップは連続的に変形させると輪っかになる。
- 注2. **機械学習**: 人工知能の一種であり、学習したデータに基づき明示的な指示を用いることなく、その代わりにパターンと推論に依存して、特定の課題を効率的に実行するための数学的最適化法。
- 注3. **C-index**: 予後予測の精度を表す指標。**C-index** の範囲は 0～1 までの範囲であり、人工知能が予測した出力が全て正しい場合は **C-index** = 1、ランダムに予測した場合は 0.5、全部反対に予測してしまった場合は 0 となる。

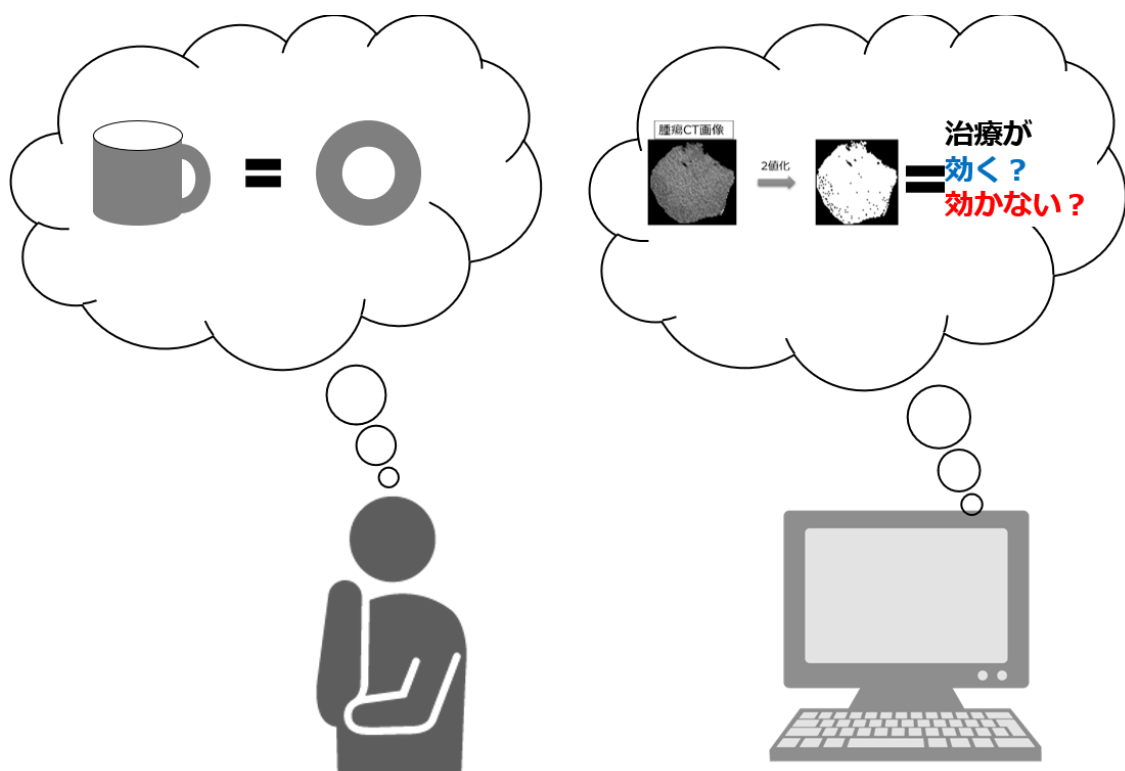


図 1. ホモロジー解析技術と機械学習を応用した腫瘍 CT 画像から放射線治療の効果を高い精度で推定する手法の開発

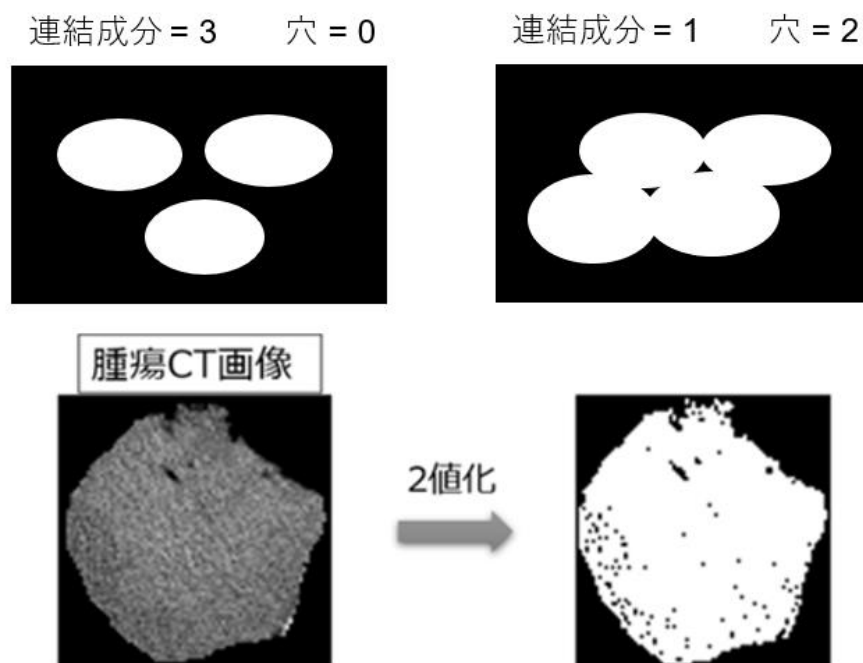


図 2. 解析では、腫瘍 CT 画像の連結成分と穴を解析することで腫瘍の特徴をとらえる。

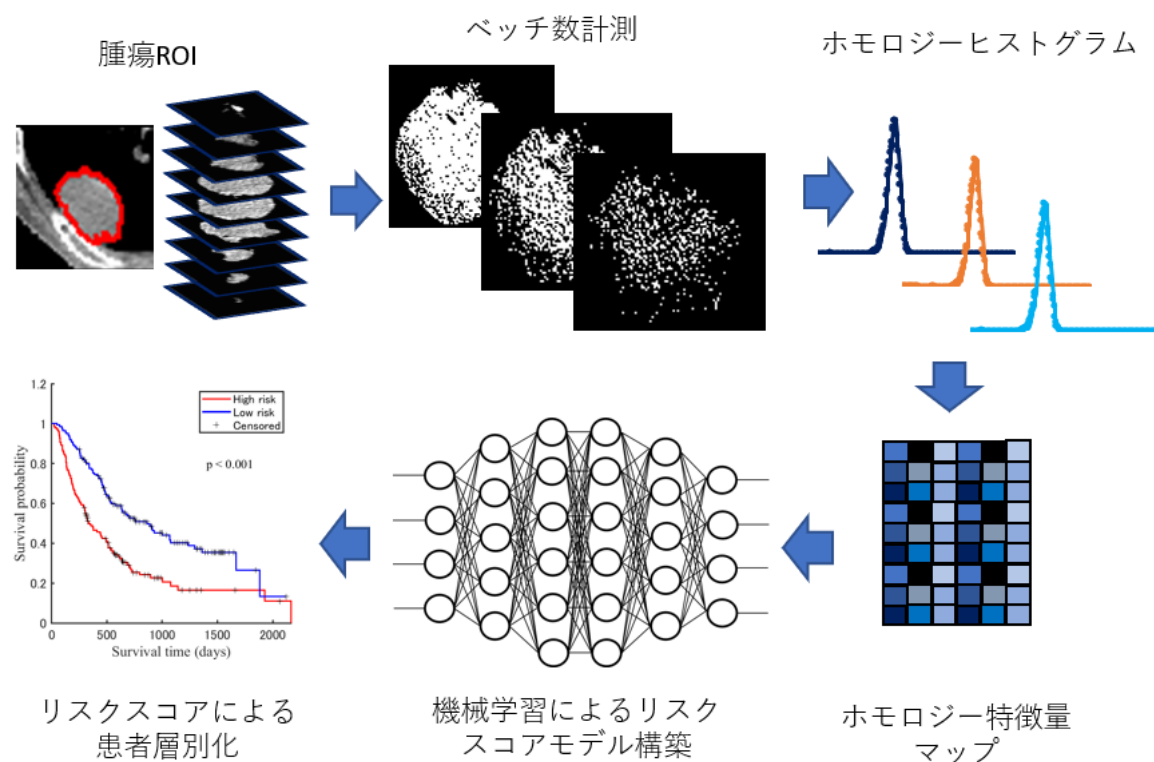


図 3. ホモロジー解析技術と機械学習による治療経過予測推定方法の概要図

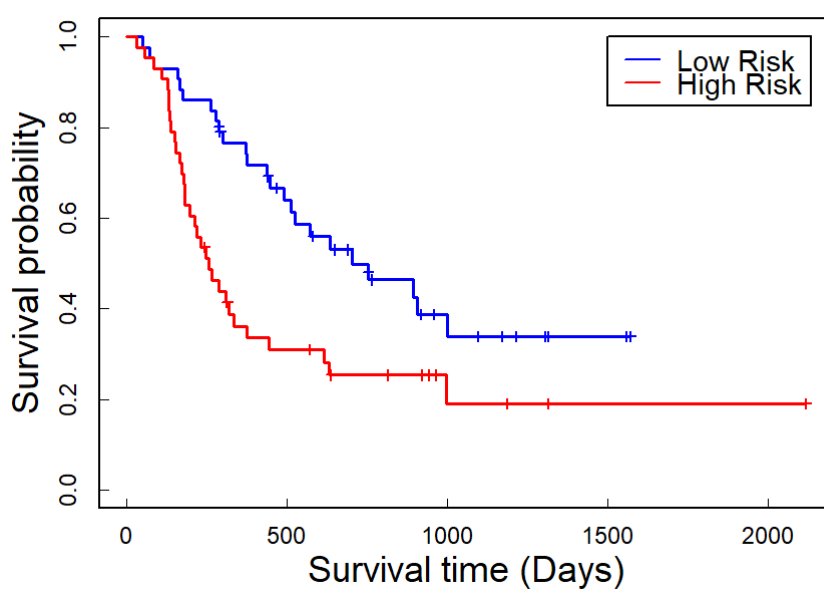


図 4. 新規に開発した診断法を用いた 86 症例の生存率
リスクスコアが高い患者群（赤線）と低い患者群（青線）できれいに分離することができた。

【論文題目】

English Title

Homology-based radiomic features for prediction of the prognosis of lung cancer based on CT-based radiomics

Authors

Noriyuki Kadoya, Shohei Tanaka, Tomohiro Kajikawa, Shunpei Tanabe, Kota Abe, Yujiro Nakajima, Takaya Yamamoto, Noriyoshi Takahashi, Kazuya Takeda, Suguru Dobashi, Ken Takeda, Kazuaki Nakane, Keiichi Jingu

(日本語)

論文タイトル：「CT 画像を用いたホモロジー特徴量による肺がん患者の予後予測」

著者名

角谷倫之, 田中祥平, 梶川智博, 田邊俊平, 阿部幸太, 中島祐二郎, 山本貴也, 高橋紀善, 武田一也, 土橋卓, 武田賢, 中根和昭, 神宮啓一

掲載誌名: Medical Physics

DOI: 10.1002/mp.14104

【お問い合わせ先】

(研究に関すること)

東北大学大学院医学系研究科放射線腫瘍学分野

助教 角谷 倫之 (かどや のりゆき)

電話番号: 022-717-7433

Eメール: kadoya.n@rad.med.tohoku.ac.jp

(取材に関すること)

東北大学大学院医学系研究科・医学部広報室

電話番号: 022-717-7891

FAX 番号: 022-717-8187

Eメール: pr-office@med.tohoku.ac.jp