

令和 6 年 6 月 20 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K07586

研究課題名（和文）脳虚血性病変におけるAIとRadiomics解析を融合した予後予測方法の開発

研究課題名（英文）Development of a Prognostic Method Integrating AI and Radiomics Analysis in Cerebral Ischemic Lesions

研究代表者

杉森 博行 (Sugimori, Hiroyuki)

北海道大学・保健科学研究所・准教授

研究者番号：20711899

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、脳虚血性病変検出方法として深層学習を活用したAI技術と、予後予測方法として急性虚血性脳卒中（AIS）患者の治療成果予測を目的とした機械学習（ML）手法を融合させた。具体的には、DWI、FLAIR、T2WIを統合した「fusion画像」から脳梗塞を特定し、みかけの拡散係数（ADC）を基にMTの結果とタイムリミットを予測するモデルを開発。この技術は、AIとMLの相互作用により、病変の正確な診断と予後予測を実現し、臨床的意思決定を大幅に支援する可能性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、脳梗塞を高精度で検出し治療効果を予測するために、AIと機械学習技術を統合した新しい手法を開発しました。特に、複数の画像データを組み合わせた「fusion画像」を用いて脳梗塞の位置を特定し、治療後の結果と必要な時間を予測するモデルを構築した。この技術は、脳卒中治療の計画と評価に役立ち、迅速かつ正確な診断支援が可能となり、医療現場における意思決定を支援することができる可能性がある。

研究成果の概要（英文）：This study integrated deep learning-based AI technology for detecting cerebral ischemic lesions with machine learning (ML) methods aimed at predicting treatment outcomes for patients with acute ischemic stroke (AIS) as a prognostic prediction method. Specifically, it developed a model that identifies brain infarctions from "fusion images" integrating DWI, FLAIR, and T2WI, and predicts the results and time limits of mechanical thrombectomy (MT) based on the apparent diffusion coefficient (ADC). This technology demonstrated the potential to significantly assist clinical decision-making by enabling accurate diagnosis and prognosis prediction through the interaction of AI and ML.

研究分野：医用画像解析

キーワード：医用画像解析 深層学習 予後予測

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

本邦死因の第3位を占める脳卒中の死亡者数は年約13万人であり、その約60%が脳梗塞によるものである。脳梗塞は人口10万対100~200人、40歳以上では10万対600人前後と推定され、超高齢化が進行するわが国において、脳梗塞による死亡者数・要介護者数は、今後ますます増加すると予想される。脳虚血性病変において、一過性脳虚血発作(TIA)は発症後90日以内の脳梗塞発症例のうち約半数は、TIA発症後48時間以内に発症しているが、TIA発症平均1日後に治療を受けた場合、90日以内の大きな脳卒中発症率が2.1%となるといった報告があることから、TIAを正しく診断し、迅速に治療することが重要視されている。また、24時間対応型のTIA専門病院において発症24時間以内にTIAあるいは軽症脳卒中と診断され直ちに治療が開始された場合、90日以内の大きな脳卒中発症率が1.24%となり、治療しなかった場合の予測値と比べ79.2%軽減するという報告があり、治療や治療開始のタイミングが予後に影響を与えている。一方、脳梗塞急性期の基本的な管理について血压管理は降圧療法が推奨されているが、経静脈的血栓溶解療法を予定している場合には収縮期血压185mmHg以下ならびに拡張期血压110mmHg以下にしておく必要があり、専門病院における治療と脳卒中の予後との関係では、脳卒中急性期の症例は、専門医療スタッフがモニター監視下で濃厚な治療と早期からのリハビリテーションを計画的に行うことにより、死亡率の低下、在院期間の短縮、自宅退院率の増加、長期的なADLとQOLの改善を図ることができ、その有用性が示されていることから、脳虚血性病変の発症から診断に至るまでのプロセスと診断から治療や予後の関係は複雑であり、単に過去画像を収集解析するだけでは予後予測とならず複合的な過去データ解析が必要となる。しかし、それらを複合的に解析し予後予測を提示できるシステムは存在しない。

2. 研究の目的

本研究では、脳虚血性病変において蓄積された画像を中心とした医療ビッグデータを用いて、人工知能(AI)によるパターン認識と画像解析による特徴量を融合した、新たな予後予測方法を開発することを目的とした

3. 研究の方法

(1) 脳虚血病変検出処理方法の確立

脳虚血病変検出処理方法の確立として、深層学習を活用して脳梗塞領域を特定するための新しい手法を開発した。この手法では、異なる種類のMR画像-DWI、FLAIR、T2WI-を組み合わせたfusion画像を使用した。fusion画像は通常RGBとして色情報が格納されているものを異なる3つの画像種を3層重ね合わせた画像として統合し、脳梗塞の正確な位置と範囲を抽出するためのディープラーニングモデルを訓練した。

このモデルの作成には、Ischemic Stroke Lesion Segmentation(ISLES)データセットから提供された亜急性期の脳梗塞患者のMRI画像を使用し、画像データは画像回転と拡大のData Augmentationにて拡張し、モデルの学習と検証には5-folds cross validationを適用した。特に、梗塞領域の識別にはセマンティックセグメンテーションのネットワークモデルであるDeepLabv3+を転移学習し、異なる画像処理手法と比較しその性能を評価した。

精度の評価では、intersection over union(IoU)を指標として用い、fusion画像が他の単一画像モダリティよりも有意に高い検出精度を示した。具体的には、Data Augmentationを施した場合のfusion画像が最も高いIoUを示し、脳梗塞の検出における精度向上の方法を示すことができた。

(2) 脳虚血病変検出処理方法の確立

本研究では、急性虚血性脳卒中(acute ischemic stroke:AIS)患者における機械的血栓摘出(mechanical thrombectomy:MT)の結果及びタイムリミットを予測するために、脳MRI画像での有次元定値である、みかけの拡散係数(apparent diffusion coefficient:ADC)値を用いた機械学習(machine learning:ML)手法の有用性を探求した。この手法確立の目的は、MT後の患者アウトカムを予測し、治療のタイミングを最適化することであった。具体的には、完全再灌流を達成した連続する75人の患者を対象に、20%をテストデータとして分離し、様々なADCの閾値を用いて関心領域の平均、標準偏差、ピクセル数を得た。この研究で開発されたExtra tree分類器は、非常に正確に患者のアウトカムを予測し(AUC:0.833、正確度:0.933)、シミュレーションデータでは再灌流までの時間が長くなるほど、良好なアウトカムを得るための予測スコアが減少し、若年患者ではタイムリミットが長かった。ML手法を用いた詳細なADC解析により、AISの患者アウトカムを正確に予測し、MTの耐容時間をシミュレートすることができた。この技術は、臨床現場での意思決定を支援し、患者の治療成績を向上させるための方法として有用であると考えられる。

4．研究成果

本研究では、脳虚血病変の検出における深層学習の有用性を示した。DWI、FLAIR、T2WI を組み合わせた fusion 画像を用いて、脳梗塞領域を特定するディープラーニングモデルを開発した。ISLES データセットを用いて、画像回転と拡大による Data Augmentation を施し、5-folds cross validation でモデルを訓練・検証した。セマンティックセグメンテーションの Deeplabv3+ を転移学習し、IoU を指標として評価した結果、fusion 画像が単一画像モダリティよりも有意に高い検出精度を示した。また、ADC 値を用いた機械学習手法により、MT 後の患者アウトカムを正確に予測し、再灌流までの時間とアウトカムの関係をシミュレートできた。本研究での手法は、臨床現場での意思決定支援や治療成績向上に有用であると考えられる成果を残した。

本研究で取り組んだ課題は脳虚血性病変を検出し予測するというモデルは、急性虚血性脳卒中 (AIS) 患者に対する機械的血栓摘出 (MT) の結果を予測するための重要なステップであったが、引き続き検討すべき課題は存在する。特に、研究で使用されたデータは公開データセットと臨床情報を使用した手法の確立を主眼としたため、臨床応用にむけてはまだまだデータ数が限定されている。より多くの患者データを含むことでモデルの汎化性能を高めることが望まれる。また、予測の正確性を向上させるためには、ADC 値だけでなく、他の MRI パラメータや脳のさらに多くの形態学的特徴を組み合わせることが有効であると考えられる。さらに、脳卒中の進行は時間とともに変化するため、時間的変動を考慮したダイナミックなモデルの開発も本研究で得られた知見を基に探求していく必要がある。このようなモデルには、患者の年齢や性別、既往症、治療履歴といった、さらに多くの臨床的要因を組み込むことが求められ、それによって個々の患者に最適な治療戦略を提案することが可能になると考える。さらなる改善を通じて、より包括的で精密な予後予測モデルを開発し、脳虚血性病変患者の治療成績の向上と臨床現場での意思決定支援を目指すことが重要であると考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2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 Oura Daisuke, Gekka Masayuki, Morishima Yutaka, Niiya Yoshimasa, Ihara Riku, Ebina Thubasa, Sugimori Hiroyuki	4. 巻 93
2. 論文標題 Simultaneous depiction of clot and MRA using 1?min phase contrast angiography in acute ischemic patients	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Magnetic Resonance Imaging	6. 最初と最後の頁 149 ~ 156
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.mri.2022.08.011	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Usui Kousuke, Yoshimura Takaaki, Tang Minghui, Sugimori Hiroyuki	4. 巻 13
2. 論文標題 Age Estimation from Brain Magnetic Resonance Images Using Deep Learning Techniques in Extensive Age Range	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 1753 ~ 1753
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/app13031753	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8件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 森谷 竜馬, 吉村 高明, 唐 明輝, 杉森 博行
2. 発表標題 深層学習を用いた脳梗塞領域抽出における教師画像の工夫による評価指標の比較
3. 学会等名 第78回日本放射線技術学会北海道支部秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 薄井 康輔, 吉村 高明, 唐 明輝, 杉森 博行
2. 発表標題 Deep Learning技術を用いた脳MRI画像によるヒトの年齢推定手法の検討
3. 学会等名 第50回日本放射線技術学会秋季学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Daisuke Oura, Hiroyuki Sugimori
2. 発表標題 The Usefulness of the Montage Method in the Classification of Brain MRI of Patients Suspected Acute Ischemic Stroke using Convolution Neural Network
3. 学会等名 第50回日本磁気共鳴医学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 D.Oura, R. Ihara, T.Yokohama, Y.Niiya, K.Furukawa, M.Gekka, S.Takamiya, H.Sugimori
2. 発表標題 Clinical usefulness and technical aspects of a 7-min MRI protocol for the fastest acute ischemic stroke treatment
3. 学会等名 European Congress of Radiology 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大浦 大輔, 伊原 陸, 蛭名 翼, 月花 正幸, 杉森 博行
2. 発表標題 主幹動脈閉塞における短時間Phase Contrast Angiographyを用いたMRAと塞栓物質の同時描出
3. 学会等名 日本放射線技術学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山田 宝生, 真鍋 圭祐, 浅見 祐輔, 杉森 博行
2. 発表標題 背景情報の少ない医用画像における物体検出の学習最適化の基礎的検討
3. 学会等名 日本放射線技術学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 浅見祐輔, 山田宝生, 真鍋圭佑, 杉森博行
2. 発表標題 Semantic segmentation(SS)技術におけるData augmentation(DA)の手法と効果の検証
3. 学会等名 日本放射線技術学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 真鍋圭佑, 山田宝生, 浅見祐輔, 杉森博行
2. 発表標題 MRIに特化したCNN(convolutional neural network)の開発
3. 学会等名 日本放射線技術学会
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
---------	---------