

令和 4 年 6 月 20 日現在

機関番号：10101

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2020～2021

課題番号：20K22862

研究課題名(和文) 深層学習による血管造影用カテーライゼーション難易度と最適なカテーテル形状の解明

研究課題名(英文) Catheterization difficulties and optimal catheter design for angiography using deep learning.

研究代表者

森田 亮 (Morita, Ryo)

北海道大学・医学研究院・助教

研究者番号：30872626

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000円

研究成果の概要(和文)：血管内カテーテル治療における標的血管へのカテーテル挿入難易度を判定可能なAI開発を目的として、2020年度に専門医1名による腹腔動脈から総肝動脈へのCT VRデータを用いた視認性難易度評価試験結果を元にAI解析を行った。その結果、困難例とそれ以外の2群に分けた場合には、Overall accuracyは、89.05%と比較的良好であった。2021年度には、IVR専門医3名による視認性評価試験を元にAI解析を行い、カテーテル挿入困難例と非困難例の2群を弁別するoverall accuracyは60%以上を示し、非困難群を選び出すprecision(適合率)は80%を超えた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

医療画像データを用いた画像診断の深層学習に関しては、肺結節の良悪性鑑別や脳動脈瘤の検出、肝腫瘍の鑑別など様々な報告がされ、深層学習が放射線診断専門医と同等の診断能や検出能があることも報告されている。一方、手術や血管内治療など医学的手技の難易度を、深層学習によって事前の画像データから解明するという報告はなく本研究は世界初の試みとなる。本研究で開発したカテーライゼーションの難易度及び適切なカテーテル判定システムは、頭頸部や脳、心臓、骨盤、下肢など他の血管内治療領域への応用が可能である。これにより、従来経験に基づいて方針が決定されている医学的手技に科学的視点を導入する事が可能となる。

研究成果の概要(英文)：This study was conducted to develop artificial intelligence (AI) capable of determining the difficulty of catheter insertion into the target vessel for endovascular catheterization. AI analysis was performed based on a difficulty evaluation test for visibility using CT VR data from the celiac artery to the common hepatic artery performed by one specialist in 2020. The results showed that the overall accuracy was relatively good at 89.05% when cases were divided into difficult and non-difficult cases. In 2021, an AI analysis based on a visibility evaluation study by three IVR specialists was performed. The overall accuracy was more than 60% when discriminating between difficult and non-difficult catheter insertion cases and more than 80% when selecting non-difficult cases.

研究分野：Interventional Radiology

キーワード：AI Deep Learning カテーライゼーション 難易度 血管 IVR

1. 研究開始当初の背景

血管内治療において、標的血管に血管造影用カテーテルを挿入する手技(カテーライゼーション)は、確実かつ短時間に行われなければならない。しかし血管の解剖は多種多様で、事前の画像からカテーライゼーションの難易度を客観的に判定することは困難である。これまで血管内治療を行う際は、術者が事前に患者 3D-CT 画像を参照し、経験に基づいて難易度を判定し、最適と思われるカテーテルを選択してカテーライゼーションを行ってきた。しかし、経験に基づく難易度の判定やカテーテルの選択は誤ることがあり、手技時間の延長や放射線被曝の増加、標的血管へのカテーライゼーションの失敗をもたらしてきた。

本研究では、実際の患者の 3D-CT データから難易度と適切なカテーテル形状を術前に推定するニューラルネットワークを構築する。本研究によって、カテーライゼーションの成功率の上昇、手技時間の短縮、放射線被曝の低減、カテーテル選択の最適化による医療費削減効果が期待される。

2. 研究の目的

本研究では、実際の患者の 3D-CT データ (VR 画像) からカテーライゼーション難易度を判定できる AI を作成することを目的としている。まず、専門医が患者の VR 画像からカテーライゼーション難易度を視覚的に判定し、その結果を教師データとして深層学習を行い、視認性難易度に基づく難易度解析 AI を作成する(図 1)。

しかし、教師データの正確性という意味では、専門医の視覚的判断は客観性に乏しいという欠点がある。そのため、最終的には 3D プリンターで作成した多数の血管模型に対して、複数の術者がカテーライゼーション実験を行う。実験の成功率や手技時間を教師データとした深層学習を行い、VR 画像と難易度との関連性を明らかにし、3D-CT データから難易度等を術前に予測できるシステムを開発する。これによって、実臨床では試す事ができない、同一患者血管への複数の術者によるカテーライゼーション結果に基づく、難易度解析 AI 作成が可能となる。

3. 研究の方法

2019/1/1~2020/5/25 の 3D CTA 撮像例の 332 例を対象として、AI 解析の邪魔となる人工物、VR が未作成のもの、腹腔動脈・総肝動脈の解剖学的変異あるものは除外した。332 例のうち、評価者 1 が視認性難易度 0-2 に各 40 例ずつ分類した連続 120 症例を対象とした。視認性難易度判定基準は、難易度 0: 4Fr コブラ型カテーテルが総肝動脈まで挿入可能、難易度 1: 4Fr コブラ型カテーテルとガイドワイヤーを用いることで総肝動脈まで挿入可能、難易度 2: 4Fr コブラ型カテーテルでは総肝動脈まで挿入不可能、と設定した。

評価者は 10 年目以上の IVR 専門医 3 名で、評価者 1 が分類した 120 例 (視認性難易度 0: 40 例、1: 40 例、2: 40 例) の VR データを評価者 2, 3 が視認性難易度 0, 1, 2 の 3 段階で評価を行い、120 例のうち 3 名の評価者の視認性難易度が同じとなった 55 症例を対象に ResNet-50 を用いて AI 解析を行った。

データを訓練データとテスト データに分け、テストデータに対して 80%以上の一致率が得られることを目標にした。AI 研究には、AI 計算に特化した GPU を備える高性能 PC を 2 台使用した(GPU: GeForce GTX TITAN x 4 基、GPU: GeForce TITAN RT x 3 基)。また、Matlab を用いてプログラム開発を行った。

4. 研究成果

2020 年度に 1 名の IVR 専門医による腹腔動脈から総肝動脈への CT の VR データを用いた視認性難易度評価試験結果を教師データとした ResNet-50 を用いた AI 解析を行った。元 VR 画像では AI が血管難易度に関連する領域を認識しないことがわかったため、難易度に関連しない血管を除去した修正 VR 画像にて同様な解析を行った。その結果、困難例とそれ以外の 2 群に分けた場合には、Overall accuracy は、89.05%と比較的良好であることを確認している。

2021 年度には、客観的な難易度を教師データとするため 3 名の IVR 専門医による視認性評価試験を元に同様な AI 解析を行い、カテーテル挿入困難例と非困難例の 2 群を弁別する overall accuracy は 60%以上を示し、非困難群を選び出す precision(適合率)は 80%を超えた。また、判断根拠を可視化するため Grad CAM や occlusion sensitivity 技術を用い、CT-VR 像のどの部位が難易度を左右するかの画像解析を進めている(図 2)。

今後は、上記に加えて、物体検出技術も用い、VR 画像から AI 認識が行える CNN をもつニューラルネットワーク作成を目指している。また、CT 等の画像データのみでは AI に与える難易度

の教師データとしては正確性という観点からは不十分であり、将来的にはCTデータを元にした多数の血管モデルを3Dプリンターで作成し、多数の医師が術者となり、同一の血管モデルに対して、複数のカテーテルを用いたカテーテライゼーション実験を行い難易度(成否と手技時間による)を明らかにし、その結果を教師データとしてAIに与えることで、臨床応用が可能なAI開発を目指している。

図1 カテーテライゼーション難易度ニューラルネットワーク作成の流れ

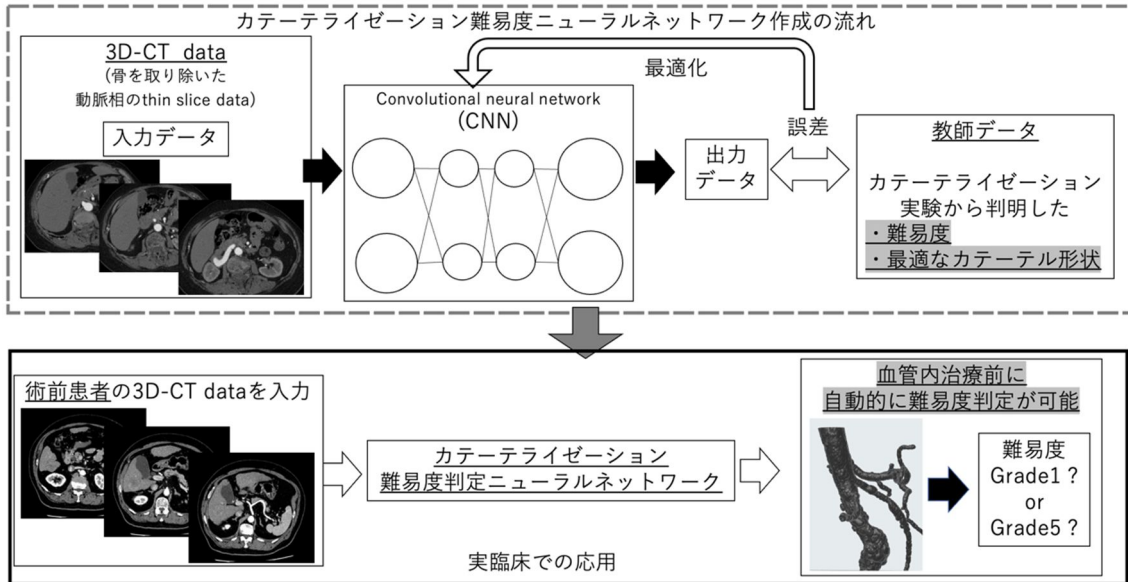
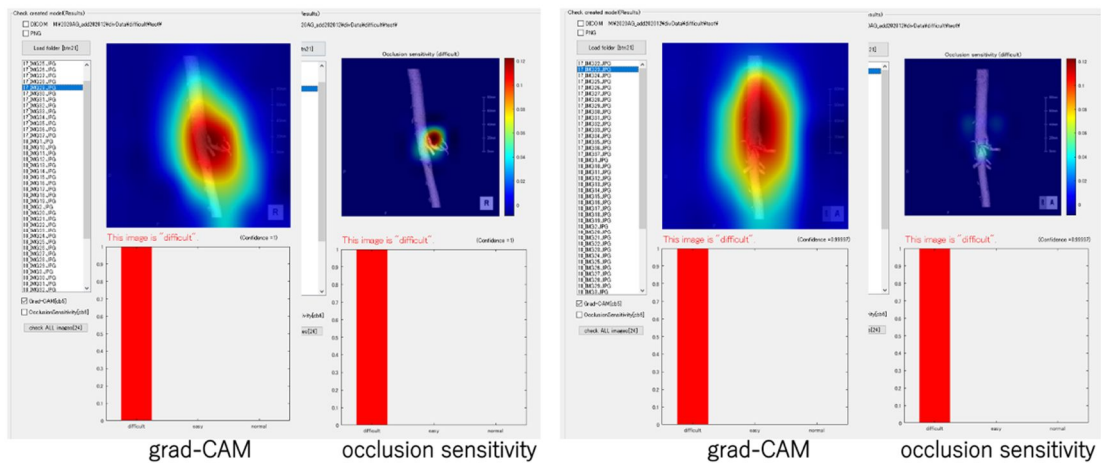


図2 カテーテル挿入困難例のテスト画像をAIに読み込ませ正答した例(Grad CAMやocclusion sensitivity技術を用いてAIの判断技術を可視化している)



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 0件）

1. 著者名 阿保大介、曾山武士、森田亮	4. 巻 2
2. 論文標題 画像データの実体化による画像診断・IVR技術の高精度化を目指した研究	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 北海道放射線医学雑誌	6. 最初と最後の頁 26-28
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 Takeshi Soyama, Tetsuaki Imai, Yuki Yoshino, Bunya Takahashi, Ryo Morita, Daisuke Abo, Daisuke Yoshida, Kikutaro Tokairin, Toshiya Osanai, Kohsuke Kudo
2. 発表標題 Catheterization into branches of simplified type arch models
3. 学会等名 第50回日本IVR学会総会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木崇祥, 曾山武士, 樋田泰浩, 足利雄一, 西川圭吾, 若林侑輝, 亀田拓人, 氏家秀樹, 阿保大介, 森田亮, 工藤與亮, 石川正純, 小川美香子, 中島孝平, 本間明宏.
2. 発表標題 光免疫療法のための穿刺トレーニングファントムの開発
3. 学会等名 第6回穿刺ドレナージ研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ryo Morita, Daisuke Abo, Takeshi Soyama, Bunya Takahashi, Yuki Yoshino, Koji Yamasaki, Satonori Tsuneta, Tetsuaki Imai, Kohsuke Kudo
2. 発表標題 3D printed renal AV shunt model:simulation of embolization with preloading coil in plug technique
3. 学会等名 第50回日本IVR学会総会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森田亮, 阿保大介, 曾山武士, 高橋文也, 吉野裕紀, 木野田直也, 安井太一, 常田慧徳, 今井哲秋, 工藤與亮
2. 発表標題 中空型血管モデルによる術前シミュレーションを併用したpreloading coil in plug法でのhigh flow type腎AVF塞栓術の1例
3. 学会等名 第34回北日本IVR研究会
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