

令和 2 年 6 月 4 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K17661

研究課題名(和文) コンピュータ支援検出における病変提示手法が読影医への有用性に及ぼす影響

研究課題名(英文) Influence of lesion presentation methods on the usefulness to the reader in computer-aided detection

研究代表者

三木 聡一郎 (Miki, Soichiro)

東京大学・医学部附属病院・特任助教

研究者番号：30707766

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,300,000円

研究成果の概要(和文)：コンピュータ支援検出(CAD)は医用画像をコンピュータで処理してその結果を人間に提示し、人間による画像診断を補助する技術である。しかしCADが正しい病変を提示しても、それを利用して読影を行う放射線科医の意見が変わらないということが観察されていた。本研究では、ボリュームレンダリング(VR)を用いて脳動脈瘤CADの病変提示を行うことで放射線科医の見逃しをより多く防止することができるという仮説を立て、それを読影実験により検証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本では放射線科医が不足している一方で、画像診断の技術は急速に向上し、検査数も急速に増大している。人工知能の技術を用いて医用画像を処理することでより正確かつ迅速な画像診断を実現することができる。しかし人工知能自体の研究と比して、それが出力する結果を人間がどのように活用すべきかについては知見が不足している。本研究により放射線科医がより効率的にCAD技術を利用でき、正確な診断へ寄与することが期待される。

研究成果の概要(英文)：Computer-aided detection (CAD) is a technology that processes medical images by computer and presents the results to radiologists to assist their imaging diagnoses. However, it has been observed that the radiologists who use CAD failed to notice true lesions even after referring to the results from CAD. In this study, we hypothesized that the use of volume-rendering (VR) could prevent radiologists from missing lesions, and tested this hypothesis through an observer performance study.

研究分野：放射線医学

キーワード：コンピュータ支援検出 脳動脈瘤 MR血管撮影 人工知能

1. 研究開始当初の背景

コンピュータ支援検出(computer-aided detection; CAD)は、MRIなどの医用画像に画像処理を行い、その出力により放射線科医の診断を補助する技術である。中でも、くも膜下出血の原因となる脳動脈瘤を対象とし、MR血管撮影(MRA)の画像処理を行うCADが、これまで活発に研究されており、日常読影環境における放射線科医への有用性も検討されてきている。一方、それら過去の研究により、「CADが正しく検出して病変を提示しているにも関わらず、CAD結果を見ても放射線科医が病変と気づかない」という問題が観察されてきた。技術進歩により単体での検出性能の高いCADが開発されても、それが放射線科医の判断をあまり変えなければ、有用性は限られたものになってしまう。日常臨床において放射線科医が脳動脈瘤CAD結果を参照している時間は5秒程度と短いため、この短時間で放射線科医に直観的に瘤の可能性を気づかせる必要がある。この問題を改善し、CADが検出した真病変に放射線科医がより気づきやすくなるための技術として、ポリウムレンダリング(volume rendering; VR)が挙げられる。VRは、ポリウムを平面上に立体的に投影することで3次元的な構造の把握を容易とする画像再構成技術である。一般的なMRAの読影におけるVRの有用性はよく研究されているが、脳動脈瘤CADの病変結果の提示にVRを用いた研究は存在しなかった。

2. 研究の目的

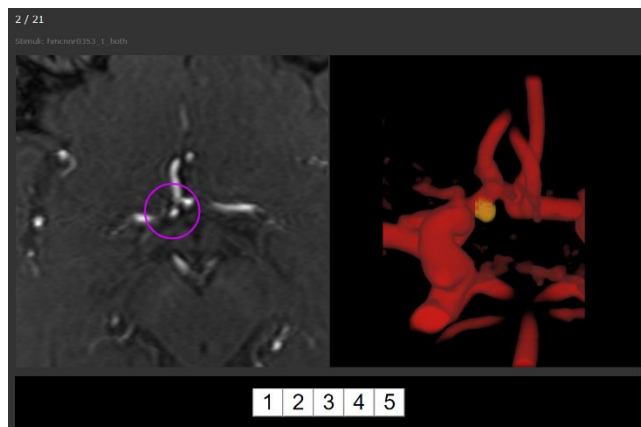
(1) ウェブブラウザ上で3Dグラフィックスを扱う技術(WebGL)を用いて、ポリウムレンダリングを行うライブラリを開発する。これを別途開発中のCAD開発支援・読影支援基盤(CIRCUS)システムと統合し、動作を確認する。

(2) 上記を用いて読影実験を行い、脳動脈瘤CADの病変提示方法としてVRを用いることによる放射線科医への有用性を検討する。

3. 研究の方法

(1) 本研究は我々の研究グループが構築し、継続的に改良を続けている、統合的読影支援開発基盤(CIRCUS)を基礎にして行った。モダリティから生成されるDICOM形式画像を読み取って画素値情報を取得し、VRへの再構成を行うJavaScriptライブラリプログラムを構築した。VR再構成を現実的な時間で行うためには、数百MBに達する3次元ポリウム全体がコンピュータのグラフィックメモリ上に読み込まれていることが必要である。このためブラウザ上で3次元コンピュータグラフィックスを実現する技術であるWebGLを用いて実装した。

(2) 上記の成果を用いて、放射線科医6名の協力を得て読影実験を行った。読影実験に用いたのは中尾らが開発した深層学習ベースの脳動脈瘤CAD^[1]である。読影実験に用いた症例は、当施設において過去に3テスラMRI装置を用いて撮影されたMRA画像である。我々の研究チームで作成されている未破裂脳動脈瘤データベースの症例より100症例104病変を抽出し、同時期に同条件で撮像された150の正常症例を選択し、合計250症例104病変を読影実験に用いた。これらの症例に中尾らのCADソフトウェアを適用し、477個の病変候補が出力された。それぞれの病変候補を、以下の3種類の提示方法で放射線科医に提示した。



- ・ 軸位断のスライスのみを提示する(軸位断単体法)
- ・ VRのみを用いて提示する(VR単体法)
- ・ 軸位断とVRとを左右に並べ、併用して提示する(併用法)

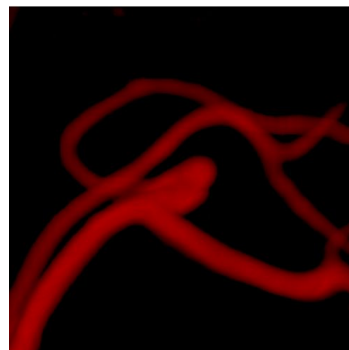
放射線科医は提示された候補の動脈瘤らしさを5段階のスケールで評価した。この読影実験の結果についてROC解析(Obuchowski-Rockette-Hillis法)を行い、どの提示手法が放射線科医にとって最も有用かを比較検討した。同時に放射線科医がその判断にかかる時間についても検討した。

4. 研究成果

(1) 初年度にブラウザ上で VR 画像をリアルタイムに生成して表示するための機能について新規の開発を行った。ボリューム画像は WebGL のテクスチャに変換されて GPU に転送し、シェーダ言語である GLSL を用いてレンダリングされるようにした。これにより、CPU では不可能な計算の並列性を確保した。

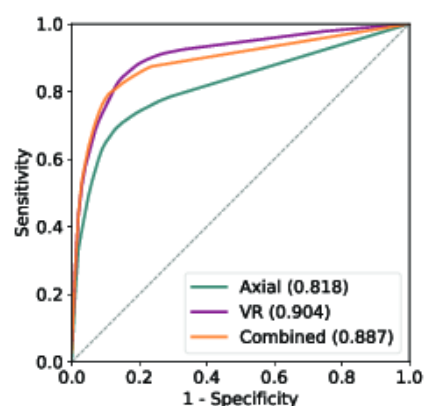
結果、512×512 ピクセルの VR 画像を 50 ミリ秒以内の短時間にレンダリングし、ブラウザ上でのマウス操作に応じて回転・拡大操作ができるようになった(右図)。

この成果は日本医学放射線学会人工知能応用医用画像研究会にて発表し、また International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery 誌上で CIRCUS システムの一部として発表された。



(2) 上記成果を CIRCUS システムに統合し、検証するための新たなサーバ機を設置し、基礎的なインストールおよび動作確認を終えた。

(3) VR による病変候補提示が読影医に与える影響を検証するための読影実験を行った。3 つの病変提示方法に関して、ROC 曲線における area under the curve (AUC) は、軸位断単体法で 0.818、VR 単体法で 0.904、併用法で 0.887 であり、VR 単体法では軸位断と比較して有意に高精度に良好であった (右図)。VR 単体法と併用法では有意な AUC の差は検出されなかった。個別に見ると、6 人中 5 人は軸位断単体法より VR 単体法の方が良好な AUC 値を示した。評価にかかった反応時間の解析では、軸位断単体法(5.39 秒)と VR 単体法(5.62 秒)では有意差がなく、併用法では反応時間が有意に延長していた(7.54 秒)。以上の結果より、脳動脈瘤 CAD の病変提示に VR を用いることは有用であり、読影時間の延長を招かずに、放射線科医がより多くの病変に気づけるとということが示唆された。



以上の成果は 2019 年度に第 32 回電子情報研究会・第 2 回日本医用画像人工知能研究会合同研究会にて発表された。また同成果については European Radiology 誌への投稿を準備中である。

<文献>

1. Nakao T, Hanaoka S, Nomura Y et al (2018) Deep Neural Network-Based Computer-Assisted Detection of Cerebral Aneurysms in MR Angiography. J Magn Reson Imaging 47:948;2013;53.

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 Yukihiro Nomura, Soichiro Miki, Naoto Hayashi, Shouhei Hanaoka, Issei Sato, Takeharu Yoshikawa, Yoshitaka Masutani, Osamu Abe	4. 巻 15
2. 論文標題 Novel platform for development, training, and validation of computer-assisted detection/diagnosis software	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery	6. 最初と最後の頁 661 ~ 672
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s11548-020-02132-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6件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 三木聡一郎、野村行弘、林直人、花岡昇平、吉川健啓、増谷佳孝、阿部修
2. 発表標題 Building an integrated CAD development environment in clinical settings (the 12th report): New Docker-based CAD Processing and Evaluation Platform
3. 学会等名 第78回日本医学放射線学会総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野村行弘、三木聡一郎、林直人、花岡昇平、吉川健啓、増谷佳孝、阿部修
2. 発表標題 新たなwebベースの統合的CAD開発プラットフォームの構築
3. 学会等名 電子情報通信学会医用画像研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三木聡一郎、野村行弘、林直人、花岡昇平、吉川健啓、竹永智美、村田仁樹、増谷佳孝、阿部修
2. 発表標題 CIRCUSプロジェクトのロードマップ
3. 学会等名 第2回人工知能応用医用画像研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三木聡一郎、野村行弘、林直人、花岡昇平、竹永智美、吉川健啓、増谷佳孝、阿部修
2. 発表標題 Building an integrated CAD development environment in clinical settings (the 11th report): Efficient presentation of lesion candidates using volume-rendering technique
3. 学会等名 第77回日本医学放射線学会総会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中尾貴祐、三木 聡一郎、花岡昇平、野村行弘、吉川健啓、林直人、阿部修
2. 発表標題 脳動脈瘤検出ソフトウェアにおける病変候補の提示方法についての初期検討
3. 学会等名 第32回電子情報研究会・第2回日本医用画像人工知能研究会合同研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yukihiro Nomura, Soichiro Miki, Naoto Hayashi, Takahiro Nakao, Shouhei Hanaoka, Masaya Akiyama, Takeharu Yoshikawa, Yoshitaka Masutani, Osamu Abe
2. 発表標題 Building an integrated CAD development environment in clinical settings (the 13th report): an implementation of CAD plug-ins using deep learning
3. 学会等名 第79回日本医学放射線学会総会
4. 発表年 2020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
---------	---------------------------	-----------------------	----