

ハイパーデモ

ハイパーデモ

2019年11月22日(金) 14:50 ~ 16:20 ポスター会場1 (国際展示場 展示ホール8)

[2-P1-1-01] 深層畳み込みニューラルネットワークを用いた医用画像読影評価システムの開発

○寺下 貴美¹、堤 翔子¹、佐藤 哲大¹、佐藤 充¹、小倉 敏裕¹、土井 邦雄^{1,2} (1. 群馬県立県民健康科学大学, 2. University of Chicago)

キーワード : Medical Image Interpretation, Eye tracking, Deep convolutional neural network

【目的】医用画像読影の技術習得には多くの経験が必要とされ、初学者に対する効率的な教育方法が必要である。読影技術を評価するため、読影中の視線を分析する方法がある。我々は以前の研究において、深層畳み込みニューラルネットワークを用いた新しい視線分析法を提案し、従来法ではできなかった計測中の視線分析を可能とした。これは対象者の視線を読影中に判断し、リアルタイムに評価や指導を行えるシステムの開発を可能とする。本研究の目的は、深層畳み込みニューラルネットワークを用いた医用画像読影評価システムを開発することである。

【方法】赤外線視線計測装置として、トビーテクノロジー社製 Tobii pro X3-120を使用した。視線を深層畳み込みニューラルネットワークによって分類するため、視線の軌跡を描画し、入力データとした。まず事前に収集した視線データを用いてトレーニングデータを作成した。教師ラベルは従来法（R package gazePath）によって分析された結果を使用した。次にトレーニングデータを用いてネットワークのトレーニングを行った。深層学習のライブラリは google社 tensorflow 1.12.0を使用した。視線の分類精度は92.1%であった。

【結果】開発したシステムでは、対象者に医用画像を読影させ、その時の視線を取得し、receiver operating characteristic (ROC)解析、病変の位置を考慮した Location ROC解析、注視時間、注視回数、病変を最初に発見するまでの経過時間、視線の経路図、見落とし・認識・判断エラー件数を読影技術の評価として提示できた。

【考察】本システムは、現段階では読影手技が終了した後に評価を提示するが、今後、読影中にどのような情報をフィードバックすれば教育効果が高いかについて検討し、それを組み込んだシステムの構築が必要である。

深層畳み込みニューラルネットワークを用いた医用画像読影評価システムの開発

寺下貴美^{*1}、佐藤哲大^{*1}、堤翔子^{*1}、佐藤充^{*1}、小倉敏裕^{*1}、土井邦雄^{*1,2}

*1 群馬県立県民健康科学大学、*2 シカゴ大学

Development of an evaluation system for medical image interpretation using a deep convolutional neural network

Takayoshi Terashita^{*1}, Tetsuo Sato^{*1}, Shoko Tsutsumi^{*1}, Mitsuru Sato^{*1}, Toshihiro Ogura^{*1}, Kunio Doi^{*1,2}

*1 Gunma prefectural college of health sciences, *2 University of Chicago

Abstract

Medical image interpretation is one of unique skills for radiological technologists. A development of effective method is necessary in order to be able to train beginners to interpret medical images. In our previous study, we proposed an eye movement analysis using a deep convolutional neural network (DCNN). In this method, images of path lines connecting points of gaze were divided into the fixations and saccades of eye movements by the DCNN. The purpose of this study is to develop an evaluation system for the interpretation ability of medical images using the eye movement analysis with the DCNN. The developed evaluation system can provide a receiver operating characteristic (ROC) and location ROC analysis and an undiscovered error analysis. We tried to evaluate three participants, a radiological technologist (RT), a student from radiological technology department (ST), and a non medical professional (NMP) by using this system. The values of area under the curve for ROC of the RT was the highest. In the ST and the NMP, the number of scanning errors was larger than that of the decision making errors, and in the case of RT it was found to be vice versa. We found that the system was able to evaluate the interpretation abilities to support each characteristic of participants. In further studies, it is necessary to find out what kinds of information will be effective for the training of medical image interpretation.

Keywords: Medical image interpretation, Eye tracking, Deep convolutional neural network.

1. 緒言

医学・医療における発展は日進月歩であり、知識や技術の完全な習得は大変困難になっている。医用画像読影は医療技術の中でも非常に専門性が高く、習得に多くの経験と時間を要する。従って、初学者に対して効率的に習得できる教育法が必要である。

ここで教育研究において重要なポイントは適切な評価方法の選定である。一般的に医用画像読影の能力評価では、receiver operating characteristic (ROC)解析が良く知られている。ROC解析はアウトカムを評価するには良い方法であるが、読影中のプロセスを評価できておらず、教育として不適切である。例えば、異常を正常と判断した場合(第1種の過誤)、その異常部位を認識して見逃したのか、その異常部位を全く認識せずに見落としたのかなど、どのような理由で過誤に至ったかは評価できない。

一方、読影中のプロセスを評価する方法として、画像読影中の視線を用いる方法があり、注視時間や注視回数、最初に病変を発見するまでの時間によって評価される¹⁾。また異常を正常と判断したエラーについて、病変に全く目も留めなかった(検索エラー)、病変に目を留めたが異常と認識できなかった(認識エラー)、病変をじっくり観察し、考慮した上で正常と判断した(意思決定エラー)によって評価される²⁾。

我々はこれまでの研究において深層畳み込みニューラルネットワーク(deep convolutional neural network: DCNN)を用いた視線解析法を提案した³⁾。視線解析とは、特定の領域をじっと見つめる fixation と fixation の間を素早く移動する saccade に分離する方法である。

本研究の目的は、DCNN 視線分析を用いた医用画像読影評価システムを開発することである。

2. 方法

2.1 システム概要

本システムの概要を図1に示す。大きく計測処理、解析処理で構成される。計測処理では、臨床画像の表示、シェーマ画像の表示、visual analog scale (VAS)の表示を一連の処理として、画像枚数分繰り返す。臨床画像の表示において、読影中の視線を計測、保存する。視線は軌跡を画像として描画し、我々の提案した DCNN による視線解析によって分類された。なお、この DCNN による fixation と saccade の分類精度は 92.1% である。シェーマ表示は、Location ROC 解析のために、発見した病変位置をシェーマに対して指定させる。VAS 表示では、異常に対する確信度を回答させる。解析セクションでは、ROC および LROC 解析、視線解析、読影エラーの解析を行う。

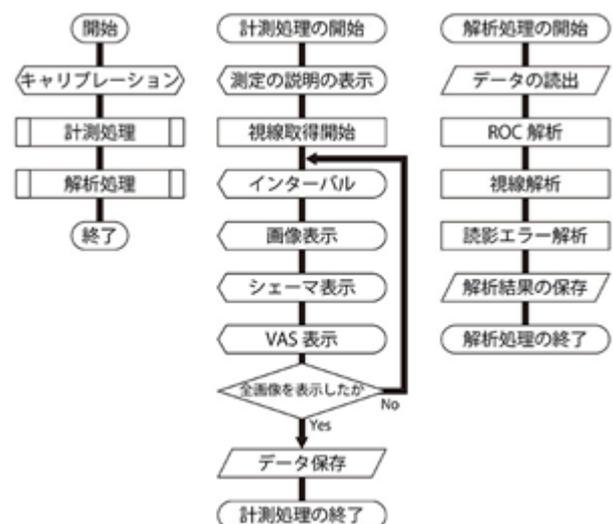


図1 本システムのフローチャート

2.2 開発環境

赤外線視線計測装置は Tobii Technology 社製 Tobii pro X3-120 を使用した。視線計測用コンピュータの主な仕様は CPU : Intel(R) Core(TM) i7-770HQ 2.80GHz、GPU : NVIDIA(R) GeForce GTX1070/8GB、OS : Microsoft Windows 10 とした。開発環境は Python 3.5、Anaconda 3.0、を使用した。機械学習ライブラリは Google 社製 TensorFlow 1.12.0、赤外線視線計測装置の制御は Tobii pro SDK Python API V1.6 を使用した。

2.3 実験方法

参加者は臨床経験のある診療放射線技師、診療放射線学部学生、医療資格のない教員の3名とした。参加者には研究の趣旨を十分説明し、同意を得た上で実施した。本研究は群馬県立県民健康科学大学の研究倫理委員会で承認された。臨床画像は日本放射線技術学会が提供する胸部 X 線写真データベースより、結節性病変あり 15 例、正常 15 例の計 30 例とした⁴⁾。実験は、一般的な ROC 解析の手順に従って行った⁵⁾。本システムに 30 例の画像を登録し、参加者に対して無作為に表示した。本システムで得られる結果から、ROC 解析、平均注視時間、未発見エラーを用いて、参加者を比較した。

3. 結果と考察

3.1 本システムの特徴

開発したシステムでは、対象者に医用画像を読影させ、その時の視線を取得し、ROC 解析、病変の位置を考慮した Location ROC 解析、注視時間、注視回数、病変を最初に発見するまでの経過時間、視線の経路図、検索・認識・意思決定エラーの件数を読影能力の評価として提示できる。図 2 に本システムの読影画面と結果表示画面の例を示す。

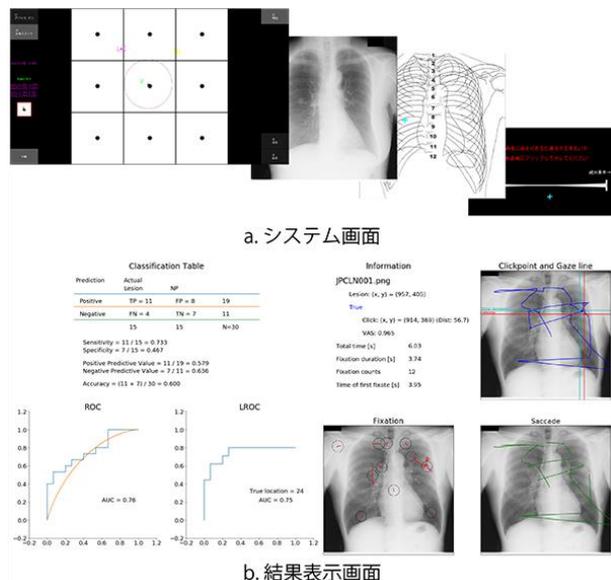


図 2 本システムの読影画面と結果表示画面の例

3.2 本システムの評価

図 3 に ROC 曲線の結果を示し、表 1 に ROC 曲線下面積、平均注視時間、検索・認識・意思決定エラーの件数を示す。ROC 曲線および曲線下面積の結果では、臨床経験のある診療放射線技師 > 診療放射線学部学生 > 医療資格を持たない教員の順で左上に近づき、予想された読影能力を示す結果が得られた。

次に平均注視時間において、診療放射線技師は他の参加者よりも長かった。先行研究でも同様の結果であり、学生よ

り診療放射線技師は時間をかけて観察するため、平均注視時間が長いと報告されている¹⁾。さらに未発見エラーでは診療放射線技師は意思決定エラーが多く、学生および教員は検索エラーが多かった。診療放射線技師は病変が疑われる陰影について、もれなくピックアップするが、その判断に時間がかかっているということが予想され、学生および教員では病変かどうかを判断するというよりも以前に、十分に検索することなく読影を終えているということが予想される。このように本システムでは予想通りの結果を計測できたことが示された。

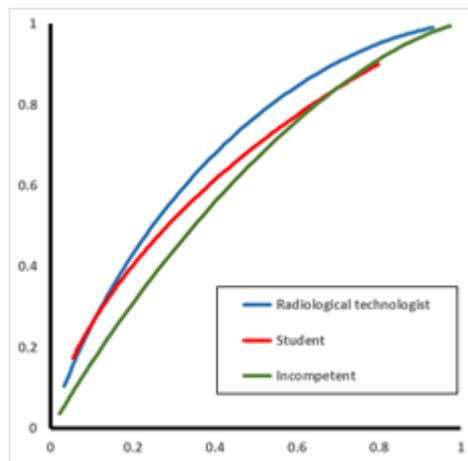


図 3 ROC 解析

表 1 本システムによる参加者の評価

評価項目	診療放射線技師	学生	教員
ROC 曲線下面積	0.76	0.65	0.60
平均注視時間	43.9s	11.9s	12.3s
検索エラー	1	6	3
認識エラー	0	0	1
意思決定エラー	3	0	0

4. まとめ

本報告では視線解析を用いた読影能力を評価するシステムを開発し、3名の異なる特徴を持った参加者についてそれぞれの特徴を反映した読影能力を評価することが可能であった。今後、読影手技を効率的にトレーニングするためにはどのような情報が必要かを検討し、それを組み込んだ教育法を構築することが必要である。

参考文献

- McLaughlin L, Bond R, Hughes C, McConnell J, McFadden S. Computing eye gaze metrics for the automatic assessment of radiographer performance during X-ray image interpretation. *Int J Med Inform.* 2017 ; 105 : 11-21.
- Kundel H, Nodine C, Carmody D. Visual Scanning, Pattern Recognition and Decision-making in Pulmonary Nodule Detection. *Invest Radiol.* 1978 ; 13 : 175-181.
- 人工知能学会. 深層学習-Deep Learning-. 近代科学社(東京), 2016.
- Shiraishi J, Katsuragawa S, Ikezoe J, Matsumoto T, Kobayashi T, Komatsu K, Matsui M, Fujita H, Kodera Y, and Doi K. Development of a digital image database for chest radiographs with and without a lung nodule: Receiver operating characteristic analysis of radiologists' detection of pulmonary nodules. *Am J Roentgenol.* 2000 ; 174(1) : 71-74.
- 小川 互. 放射線画像系の画像評価. 医療科学社(東京), 2007.