

一般口演

一般口演29

医用画像・解析

2017年11月23日(木) 12:45 ~ 14:15 F会場 (10F 会議室1004-1005)

[4-F-2-OP29-5] Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization(CLAHE)を用いた肺結節画像の畳み込みニューラルネットワーク(CNN)による識別

山田 晋太郎¹, 辻 真太郎², 樋口 謙介³, 阿部 司⁴, 佐藤 友昭⁵, 小笠原 克彦² (1.北海道大学大学院保健科学院, 2.北海道大学大学院保健科学研究所, 3.日本電気株式会社 社会公共ビジネスユニット 医療ソリューション事業部, 4.NECソリューションイノベータ株式会社 パブリック事業本部 第一医療ソリューション事業部, 5.NECソリューションイノベータ株式会社 プラットフォーム事業本部 第二PFソフトウェア事業部)

【背景】

近年、読影医の負担軽減や検診のコスト削減を背景に精度の高い医療画像の診断支援システム（CAD）の開発が望まれており Convolutional Neural Network(CNN)を利用した医療画像の解析が多数報告されている。CNNにおいては学習に用いる画像の前処理が重要であると指摘されており低コントラストを強調する CLAHEは肺野の病変陰影を強調する処理として有効であることが予想される。そこで本研究ではより精度の高いCNNによるCADシステム構築の一環として肺結節の識別を目的とし CNNによる CLAHEの前処理の有効性について検討した。

【方法】

日本放射線技術学会が公開している247枚の胸部単純 X線画像を2セット用意し一方に CLAHE処理を施した。それぞれのセットから結節像と非結節像を256×256ピクセルサイズで切り出した。CNNの層数を5層から13層にかけて変化させながら2セットの結節像と非結節像をそれぞれ識別し正答率を比較した。CNNアルゴリズムにはRAPIDを使用した

【結果・考察】

5層から13層の全てのCNN学習モデルにおいて CLAHE処理を施した画像セットで学習したモデルの正答率が無処理の画像セットで学習したモデルに比べて高かった。

特に肺結節画像の識別に正答率が高かった11層のCNNにおいて無処理の画像セットモデルの正答率が70%であったのに対し CLAHE処理を施した画像セットモデルの正答率は88%であった。これらの結果から CLAHE処理がCNNによる肺結節像の識別において有効であると考えられる。

Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization(CLAHE)を用いた肺結節画像の 畳み込みニューラルネットワーク(CNN)による識別

山田晋太郎*1、辻真太郎*1、樋口謙介*2、阿部司*3、佐藤友昭*4、小笠原克彦*1

*1 北海道大学大学院保健科学院、

*2 日本電気株式会社 社会公共ビジネスユニット 医療ソリューション事業部、

*3 NEC ソリューションイノベータ株式会社 パブリック事業本部 第一医療ソリューション事業部、

*4 NEC ソリューションイノベータ株式会社 プラットフォーム事業本部 第二 PF ソフトウェア事業部

Classification of lung nodule preprocessed by the Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization(CLAHE) with Convolutional Neural Networks(CNN)

Shintaro Yamada*1, Shintaro Tsuji*1, Kensuke Higuchi*2

Tsukasa Abe*3, Tomoaki Satou*4, Katsuhiko Ogasawara*1

*1 Graduate School of Health Sciences, Hokkaido University,

*2 NEC Corporation, Public Solutions Business Unit, Medical Solution Division,

*3 NEC Solution Innovators, Ltd. Public Solutions Business Unit, 1st Medical Solution Division,

*4 NEC Solution Innovators, Ltd. Platform Solutions Business Unit, 2nd Platform Software Division

Lung cancer has a highest mortality rate of all cancers in Japan. Since early detection by medical examination is important to reduce the mortality rate due to lung cancer, computer aided diagnosis by machine learning has attracted attention. This study used Convolutional Neural Network (CNN) method, which is one of the deep learning for machine learning. This method can extract image feature automatically and keep spatial information compared to other machine learning methods. The CNN has been used in many studies on medical image classification, but there is a problem that it has to preprocess datasets for training. In this study, we aimed to improve accuracy of lung nodule classification with CNN. We used Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) for dataset preprocessing. CLAHE is a technique often used for face recognition and traffic sign recognition in which images were taken under various weather conditions to adjust the image intensity. It can redistribute lightness value and enhance local contrast. We prepared 2sets of 247 chest radiographs and we applied CLAHE to one side. Both radiograph sets were trained by CNN and we compared accuracy of 2 training models. Consequently, the accuracy of lung nodule classification preprocessed by CLAHE was 88%, while that of the un-preprocessed was 78%. Because of the high accuracy, it is considered that the preprocessing of CLAHE enable us to train the image feature appropriately.

Keywords: Nodule, Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization, Convolutional Neural Networks

1. 緒論

肺がんは日本人が罹患するがんの中で死亡率が最も高い疾患である。肺がんによる死亡率を低下させるためには検診による肺結節陰影の早期発見が重要であるが、放射線科医の読影枚数は年々増加しており肺結節陰影の見落としが生じていると指摘されている。そこで診断支援システムによる読影の補助が注目されており、機械学習による肺結節陰影の識別を目的とした研究が多数報告されている。本研究では機械学習の手法として Convolutional Neural Network(CNN)を用いた。

CNN は深層学習の一つであり、他手法と比較して特徴量の自動抽出が可能であり、全結合型ニューラルネットワークと比較してデータの空間情報を維持できるという特徴を持つ。CNN は一般画像認識のコンペティション (ILSVRC2012) で最も優れた成果を上げており、医療画像の識別においても多くの研究で用いられている。CNN の構造は畳み込み層およびプーリング層と呼ばれる層を交互に配置した構造を持つフィードフォワード型のニューラルネットワークである。CNN のある層における j 番目のノードの出力はその直前の層の m 個のノードから入力を受け取り、これらの重みづけ和にバイアスを加

えたものを活性化関数で変換したものであり次の層へと伝搬される。出力層付近には全ノードを結合した全結合層が 1 層以上配置され、出力層ではクラス数と同数のノードが配置される。活性化関数としては中間層では収束性や学習速度の速さから ReLU がよく用いられ、出力層ではソフトマックス関数が用いられる。これにより出力の各成分を 0 以上 1 以下、成分の和を 1 に調整することが可能である。CNN の課題としては学習に用いるデータセットを適切に前処理しなければいけない点が挙げられる。本研究では前処理として CLAHE と呼ばれるヒストグラム均一化処理を用いた。

CLAHE は画像のヒストグラムを均一化し、局所領域のコントラストを強調することで細部の可視性を向上させる手法であり、顔認識や標識認識において多く用いられる。ヒストグラムを均一化することによりカメラの性能や天候状況など撮影の条件が異なる画像の画像強度を揃えることが可能である。よって撮影機器や撮影条件が異なる医療画像においても有用であると考えられる。また、ノイズを抑えたまま低コントラストを強調する役割を持つため、肺結節陰影のような淡い画像の持つ特徴量を強調することが可能である。CLAHE 処理はまず画像をタイルと呼ばれる小領域に分割し、それぞれの領域ごとにヒストグラム均等化処理を行う。その際ノイズが強調され

ることを防ぐためコントラスト制限を設ける。次に双一次内挿によりタイル間の境界を削除した後、タイル同士を組み合わせることで CLAHE 処理が完了する。

2. 目的

CNN による肺結節陰影の識別の精度向上を目的とし、学習の前処理としてノイズを抑えたままヒストグラムを均一化し低コントラストを強調することができる CLAHE 処理の有用性を正答率を比較することによって明らかにする。

3. 方法

同一の胸部単純 X 線画像のデータセットを二つ用意し一方に CLAHE 処理を実施した。それぞれのデータセットにおいて肺結節陰影のある画像からは結節を中心に 256×256 のサイズで切り出しを行い、正常画像からは偽陽性になりうる肺紋理の中で最も画素値が高い部分を中心に 256×256 のサイズで切り出しを行った。切り出した画像をトレーニング用の画像 197 枚とテスト用のデータ 50 枚に分け、トレーニング用のデータを CNN により学習した後テストデータから正答率を求めた。

データセットは日本放射線技術学会が公開している胸部単純 X 線画像 (正常:93 例、肺結節陰影:154 例、解像度:2048 \times 2048px、階調数:4096) を利用した。また本研究では以下の計算機とソフトウェアを用いた。

計算機 CPU:Corei7-5960X、GPU:NVIDIA GeForceGT720
ソフトウェア ImageJ、RAPID 機械学習 (NEC 社)

4. 結果

CLAHE 処理の有無による正答率の違いを表 1 及び図 1 に示す。

表 1 CLAHE 処理の有無による正答率

ネットワーク規模	5	6	7	8	9	10	11	12	13
CLAHE 無し [%]	70	86	82	78	74	88	70	76	86
CLAHE 有り [%]	86	90	90	88	88	88	88	88	90

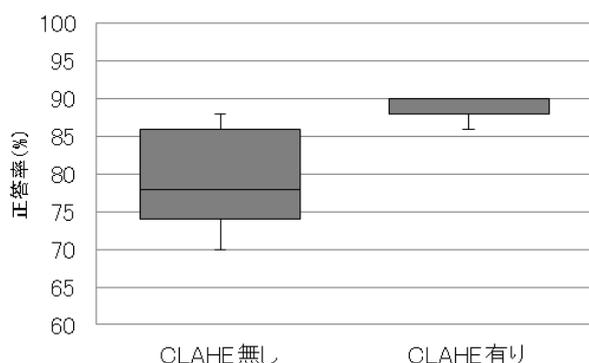


図 1 CLAHE の有無による正答率の箱ひげ図

前処理なしの画像で学習した場合の正答率は中央値 78% 四分位範囲 12% だったのに対して CLAHE 処理を実施した画像では中央値が 88%、四分位範囲が 2% であった。また、CLAHE 無しの画像で学習した場合ではネットワーク規模が 10 の時に正答率が最も高く、CLAHE 有りではネットワーク規模が 6、7 の時点で最大となった。

5. 考察

CLAHE 処理を施した画像で学習した場合の正答率が CLAHE 無しに比べて高い値になった原因として二つの要因が考えられる。

一つ目の要因として CLAHE 処理の利点である低コントラスト部分を強調する効果により肺結節陰影を明瞭に描出できたことが挙げられる。肺結節陰影は陰影周辺の部位と似たような画素値を持つために低コントラストで淡い陰影であるが、CLAHE 処理により画素値が集中している低コントラスト領域を多くの階調数で表現することが可能となった。従って CNN での学習時に明瞭な肺結節陰影から特徴量を適切に抽出することができたため正答率が向上したと考えられる。

二つ目の要因として特徴量の均一化が挙げられる。CLAHE 処理はヒストグラム分布を均一にする役割を持つために撮影条件や処理条件が異なる画像のヒストグラム分布を近づけることができる。従って体厚や撮影機器の違いによるヒストグラムの分布が異なった肺結節陰影を均一化させることができ、CNN の学習において異なる画像から同一の特徴量の抽出が可能となったために正答率が向上したと考えられる。

CLAHE 無しの場合にネットワーク規模が 10 の時正答率が最大になったのに対して CLAHE 有りの場合にネットワーク規模が 6、7 の時点で最大となった結果も二つ目の考察を支持するものである。ネットワーク規模は学習する画像の特徴量が多いほど大きくする必要はあるが CLAHE 有りの場合は特徴が均一化され特徴量を減らすことができたために CLAHE 無しの場合に比べて小さい段階で学習を終えることが可能になった。

6. 結論

本研究では CNN による肺結節陰影の識別率向上を目的とし、肺結節陰影の学習の前処理として CLAHE 処理が有用であるか検討した。その結果、肺結節陰影の正答率は中央値で 10% 向上し、正答率のバラつきが 10% 減少したことから CLAHE 処理によって画像の特徴量を適切に学習することが可能になったと考えられる。

参考文献

- 厚生労働省.2015.
[http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/kakutei15/dl/11_h7.pdf(cited2017-Jul-1)].
- NATIONAL CANCER INSTITUTE,2011.
[<https://www.cancer.gov/types/lung/research/nlst>(cited 2017-Jul-1)].
- Bhargavan, Kaye, Forman et al. Workload of Radiologists in United States in 2006-2007 and Trends Since 1991-1992. Radiology 2009 ; 252 : 2 : 458-467.
- Sahiner, Chan, Hadjiiski et al. Effect of CAD on Radiologists' Detection of Lung Nodules on Thoracic CT Scans: Analysis of an Observer Performance Study by Nodule Size. Academic Radiology 2009 ; 16 : 12 : 1518-1530.
- Tajbakhsh, Shin, Gurudu et al. Convolutional Neural Networks for Medical Image Analysis: Full Training or Fine Tuning?. IEEE Transactions on Medical Imaging 2016 ; 35 : 5 : 1299-1312.
- Li, Cao, Zhao et al. Pulmonary Nodule Classification with Deep Convolutional Neural Networks on Computed Tomography Images. Computational and Mathematical Methods in Medicine 2016 ; 2016 :1-7