

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：16401

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2022～2023

課題番号：22K19650

研究課題名（和文）職業性肺疾患の胸部CT画像の自動判定アルゴリズムの開発

研究課題名（英文）Automated diagnostic algorithm for chest CT of occupational lung disease

研究代表者

菅沼 成文（Suganuma, Narufumi）

高知大学・教育研究部医療学系連携医学部門・教授

研究者番号：50313747

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：職業性肺疾患の診断にはILO国際じん肺X線分類が使われ、それを補完するために我々が開発した国際じん肺HRCT分類が提案されている。本研究では、職業性肺疾患、放射線医学、人工知能の専門家が研究チームを結成し、この課題に取り組んだ。我々は職業性肺疾患の胸部単純X線様の自動診断のためのアルゴリズム開発に、GANなどの技術を活用して、一定の精度を持ったアルゴリズムを開発した。この成果をもとに、さらに一つの症例についての画像数の多いCT画像について、自動診断、エキスパートシステムの二つのアプローチから、びまん性肺疾患の画像診断のエキスパートの読影結果を教師データとした自動診断システムを開発を目指す。

研究成果の学術的意義や社会的意義

職業性肺疾患は産業保健上の重要な問題であり、その検診の対象者は我が国では25から50万人を数える。それらの有所見率はかつての15%程度から労働衛生の強化により大幅に減少しているものの2%程度存在し訓練を受けた医師によってのみ正確に診断可能である。しかし、このような訓練を受けた医師が少ない現状があり、機械学習により自動判定が可能となれば、国内でのニーズに止まらず、世界の職業性肺疾患に対する課題解決につながる。

研究成果の概要（英文）：The ILO International Classification of Radiograph of Pneumoconiosis is used for the diagnosis of occupational lung diseases, and the International Classification of HRCT for Occupational Environmental Respiratory Diseases, which we developed, has been proposed to supplement it. In this study, a research team was formed by experts in occupational lung disease, radiology, and artificial intelligence to tackle this issue. We used GAN and other technologies to develop an algorithm for automatic diagnosis of occupational lung diseases using plain chest X-rays, and developed an algorithm with a certain degree of accuracy. Based on this result, we further developed an automatic diagnosis method for CT images with a large number of images for a single case using two approaches: automatic diagnosis and expert system. Aiming to develop a diagnostic system.

研究分野：産業医学

キーワード：職業性肺疾患 画像診断 機械学習 エクスパートシステム

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

胸部画像診断において、びまん性肺疾患の診断は、肺の二次小葉における線維性の変化による微細な画像所見をどのように的確に指摘できるかが重要であり、このような所見に精通した専門家による判定をあらゆる医療機関で利用可能にするには、専門家が不足しているため、機械学習による自動診断が貢献できることは大きい。一方で、我が国のように労働衛生に取り組んできた先進諸国では、粉塵職場での労働衛生管理が進んだことにより、我が国での労災件数は大幅に減少し、機械学習に用いることのできる症例数は少ない。このような背景もあり、我々は職業性肺疾患の胸部単純X線様の自動診断のためのアルゴリズム開発に、症例数の少なさの克服のため、GANなどの技術を活用して、一定の精度を持ったアルゴリズムを開発した。この成果をもとに、さらに一つの症例についての画像数の多いCT画像について、自動診断、エキスパートシステムの二つのアプローチから、びまん性肺疾患の画像診断のエキスパートの読影結果を教師データとした自動診断システムを開発を目指す。

パターン認識による画像認識では、認識したい対象に応じた特徴の抽出と、その特徴を基に認識を行う分類器の構築を行う。深層学習による画像認識では、データからの学習により画像特徴量と分類器(基準)の両者を構築するが、学習の可否はデータに依存すること、学習が成功または失敗する条件は不明であり、モデルの構築には試行錯誤が必要であること、さらには一般的には十分な学習を行うには多くの教師データが必要であることが問題点である。一方で、従来の特徴工学的な手法による画像特徴は、専門家(エキスパート)による特徴抽出を用いることで、少ないデータでも分類器が構築可能であるが、精度の向上に難点がある。

2. 研究の目的

本研究では、深層学習を用いたデータからの学習による特徴抽出と分類器の構築を試行錯誤的な手法と、従来の医用画像処理手法を用いたエキスパートシステム的な手法を組み合わせた手法を提案する。じん肺の画像の特徴として、肺野の広い領域へのびまん性のすりガラス影がみられることであるが、単純な輝度値の大小だけでなく詳細な輝度値の変化のパターンがある。まず、じん肺の胸部X線画像データを用いて、大量の一般画像を使った事前学習済みの深層学習モデルで特徴の獲得と分類器の構築を目指す。次に、エキスパートによる特徴量として、医用画像で広く用いられているウェーブレット変換画像を用いる。ウェーブレット変換は、画像の輝度変化の周期性(周波数)を画像の位置情報を残したまま特徴化することができるので、本研究におけるびまん性すりガラス影の特徴抽出に向いていると考える。

さらに、じん肺を主とする職業性肺疾患は、放射線医学的には、微細かつ多様な形態をとるびまん性陰影である。胸部の変化を二次小葉レベルで解析するには高精細CT画像が必要であるが、近年の撮影は2mm未満のスライス厚での採取した3次元のボリュームデータとなっており、横断像、縦断像などに再構成可能であり、様々な視点からの解析が可能となっている。そこで、これまで胸部エックス線写真についてのAI解析を行ってきた視点から大きく転換させ、びまん性の粒状影あるいは不整形陰影を特徴とする胸部画像所見を指摘できる人工知能を構築して、高精細CT画像において利用可能なじん肺・アスベスト関連疾患の粒状影及び線状網状影などの所見を有する間質性肺炎の自動判定の実現を目指した。

3. 研究の方法

構築に用いる事前学習済み深層学習モデルとして、VGG16とResNet50を用いた。データとして、高知大学医学部で撮像された画像(じん肺画像91、正常画像4)、NIOSH(米国立労働安全衛生研究所)のデータ(じん肺画像28、正常画像23)、NIHCC(米国立衛生研究所)のデータ(じん肺画像0、正常画像90)を合わせた合計236画像(正常画像117、じん肺画像119)を用いた。前処理として、U-netを用いて肺野部分のみのセグメンテーションを行っている。ウェーブレット変換には、基底としてHaar、Daubechies、Symlet、Coifletの4種を用いた。ウェーブレット変換を行った後、4種に分解された変換画像(Approximation、Vertical、Horizontal、Diagonal)が得られるが、それらを別々に学習器で学習する。

胸部X線画像について症例の少なさを克服する取り組みとして、胸部X線画像をバイナリ画像化し、そこにAIで様々なサイズ、形態、分布の画像を重ねて疑似異常データを作成し、学習データの水増しをする試みを行なった。

CT画像についての検討は、びまん性の粒状影あるいは不整形陰影を特徴とする胸部画像所見について、これまでの症例集ではやや少ないことが予想され、新規の検査画像を組み入れて検討

を進める予定であった。現在の国際じん肺 HRCT 分類を改訂すべく、症例収集の枠組みを構築しなおしている。このような過程でを指摘できる人工知能を構築して、高精細 CT 画像において利用可能なじん肺・アスベスト関連疾患の粒状影及び線状網状影などの所見を有する間質性肺炎の自動判定の実現を目指した。

4 . 研究成果

Python (TensorFlow)を用いて、VGG16 および ResNet50 にて深層学習を行うシステムの構築を行った。また、ウェーブレット変換については MATLAB Wavelet Toolbox を用い、肺野部分のセグメンテーションには U-net を用いた。構築したシステムを用いた、判定性能評価も実施した。

まず、VGG16 を用いた場合と ResNet50 を用いた場合とでは、ウェーブレット変換を行わない場合、それぞれ 88%、84%の精度となった。マスク処理を行わない場合は、それぞれ 89%、90%であり、VGG16 ではマスク処理を追加することで精度が向上し、ResNet50 では精度が低下するという結果が得られた。これは、ResNet50 は複雑なモデルであり、データ数 236 では十分な学習が行われず過学習の状態になったのではないかと考える。このことは、Grad-CAM (Gradient-weighted Class Activation Mapping)による可視化においても確認でき、マスク処理を行わない場合は、肺野以外の領域が判定結果に大きく寄与していることが見られた。テスト画像を用いた結果では、ウェーブレット変換として Haar ウェーブレットを用いた場合、Diagonal 画像を入力として VGG16 で学習を行うと 94%の精度となり、精度の向上がみられた。

胸部 X 線画像をバイナリ画像化し、そこに AI で様々なサイズ、形態、分布の画像を重ねて疑似異常データを作成し、学習データの増しをする試みについては、前回行なった GAN を使った疑似データを使った解析を上回る結果は得られなかった。

CT 画像についての検討は、症例収集の可能性は国際共同研究を含めて広がっているが、現在、継続中であり、さらに検討を行う必要がある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0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 Narufumi Suganuma, Shinichi Yoshida, Yuma Takeuchi, Yoshua K. Nomura, Kazuhiro Suzuki	4. 巻 44
2. 論文標題 Artificial Intelligence in Quantitative Chest Imaging Analysis for Occupational Lung Disease	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Semin Respir Crit Care Med	6. 最初と最後の頁 362-369
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1055/s-0043-1767760	査読の有無 無
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1件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 吉田真一
2. 発表標題 人工ニューラルネットワークによるじん肺のAI画像診断に向けて
3. 学会等名 第95回日本産業衛生学会職業性呼吸器疾患研究会自由集会（招待講演）
4. 発表年 2022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
研究分担者	鈴木 一廣 (Suzuki Kazuhiro) (20338370)	順天堂大学・医学部・准教授 (32620)	
研究分担者	吉田 真一 (Yoshida Shinichi) (30334519)	高知工科大学・情報学群・教授 (26402)	
研究分担者	西森 美貴 (Nishimori Miki) (30760483)	高知大学・医学部附属病院・特任助教 (16401)	

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
---------	---------