

令和 6 年 5 月 26 日現在

機関番号：33111

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2021～2023

課題番号：21K21265

研究課題名（和文）胸部単純X線画像を用いた肺年齢推定によるCOPDの早期検出および患者介入の実現

研究課題名（英文）Early detection of COPD and patient intervention by estimating lung age using simple chest X-ray images

研究代表者

笠井 聡（Kasai, Satoshi）

新潟医療福祉大学・医療技術学部・教授

研究者番号：60842713

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）：本研究では、胸部単純X線画像から肺機能値を推定することにより、肺年齢として定義することを目的とした。このために、研究協力施設である検診施設から胸部単純X線画像の撮影とスパイロメトリー検査を同時に取得した症例から、胸部単純X線画像で異常所見が見つからなかった11,837被検者のデータベースを構築した。これらのデータから、胸部単純X線画像を入力とし、肺機能検査結果を推定するDeep Learningを開発した。この結果、スパイロメトリーの各指数の平均精度は、90%以上であった。このことから、胸部単純X線画像は、呼吸機能に関する情報を含んでいることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

COPDをはじめとした呼吸器の異常は早期診断が必要であるが、診断の遅れが問題になっている。本研究では、プライマリケアにおいて、胸部疾患を判断する際に最初に選択される可能性が高く、世界で最も多く撮影されている胸部単純X線画像から呼吸機能の検査値を推定できる可能性が示唆された。胸部単純X線画像から呼吸機能値が推定可能であれば、検診や他の目的で撮影された画像から肺機能の異常が発見されることが期待され、適切な検査を受けることで自覚症状がない段階での早期の介入により、患者のウェルビーイングにつながると考えている。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to define lung age by estimating lung function values from chest X-ray images. For this purpose, a database of 11,837 subjects with no abnormal findings on chest X-ray images was constructed from cases for which chest X-ray images and spirometry examinations were obtained simultaneously from health checkup facilities collaborating in the study. From these data, Deep Learning was developed to estimate the results of pulmonary function tests using chest X-ray images as input. As a result, the average accuracy of each spirometry index was more than 90%. This suggests that chest X-ray images contain information related to respiratory function.

研究分野：医用画像AI

キーワード：胸部単純X線画像 スパイロメトリー Deep Learning

1. 研究開始当初の背景

COPD は、WHO 調査では、死亡原因の世界第 4 位に位置づけられる世界規模の課題である。COPD に関しては**早期発見による介入・被験者の指導により進行を遅らせることが重要**であるが、本邦においても推定患者数が 500 万人に上るのに対し、治療数は数十万人^[1]と治療開始の遅れが深刻である。肺の異常診断には、胸部単純 X 線画像が広く一般的に利用されているが、形態情報から得られる異常の検出が目的であり、COPD の早期検出には、**肺の機能情報が得られるスパイロメトリー検査**が有効とされている。スパイロメトリー検査では、検査値および臨床データから肺機能を表す**肺年齢**を計算することで COPD のリスクを算出する。しかし、スパイロメトリー検査は努力呼吸(大きく息を吸って吐く)が難しい被験者に対して定量的に評価することの課題に加え、2020 年より社会課題となっている COVID 19 の蔓延による感染の恐れのため、その実施自体に大きな影響を与えていることも課題として挙げられる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、定量性や感染症の課題があるスパイロメトリーに変わり、胸部単純 X 線画像を入力として肺年齢を推定する AI を開発することで、COPD の早期介入および被験者の行動変容を促す指導に貢献することである。

3. 研究の方法

胸部単純 X 線画像およびスパイロメトリー検査結果データベースの構築

協力先の検診施設から同一被験者の胸部単純 X 線画像とスパイロメトリー検査結果をセットで収集する。収集したデータから胸部単純 X 線画像を用いた画像検査では、異常所見が検出されなかった症例のデータベースを構築する。

肺年齢推定 AI アルゴリズムの構築と評価：

で収集した胸部単純 X 線画像、および、年齢や性別といった臨床情報を入力情報とし、スパイロメトリー検査結果から算出される肺機能値を推定する回帰型の Deep Learning (DL) 技術を開発する。この際、スパイロメトリー測定値として、努力性肺活量 (FVC)、一秒量 (FEV1)、FEV1/FVC を推定した。データは 8:1:1 の割合で訓練、検証、評価のデータセットにランダムに割り当てた。Deep Learning のモデルは、ImageNet を用いて事前学習したいくつかのモデルを用いて推定精度を比較した。

4. 研究成果

2019 年に X 線画像とスパイロメトリーを同時に撮影された症例は、29,852 症例存在した。この中から、X 線画像において何らかの異常が放射線会によりレポートされた症例は、15,090 症例であった。この 15,090 症例を除いた 14,762 症例のうち胸部単純 X 線画像が存在しない症例は、2,925 症例あり、これを除いた 11,837 症例を本実験に使用した(図 1)。

FVC、FEV1、FEV1/FVC のスパイロメトリー測定値と AI 推定値との MAPE をいくつかの Deep Learning モデルで推定したところ、Inception-ResNet-V2 モデルを使用した際に最も高い結果となり、それぞれ 7.59% ($r=0.910$)、9.06% ($r=0.879$)、5.21% ($r=0.522$) であった。その他のモデルを含めた結果は図 2 に示す。FVC と FEV1 の測定値と予測値の間には強い正の相関が認められた。スパイロメトリーの各指数の平均精度は 90% 以上であった[1]。Bland-Altman 分析により、FVC と FEV1 の推定値と実測値の間に良好な一致

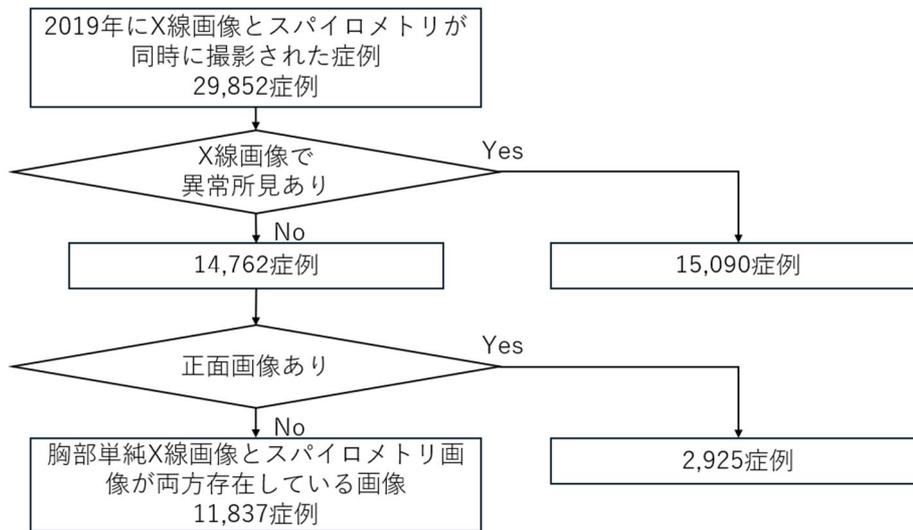


図1 データベース構築方法

Network	FVC		FEV ₁		FEV ₁ /FVC	
	MAPE	R	MAPE	R	MAPE	R
Inception-ResNet-V2	7.585	0.910	9.0655	0.879	5.674	0.512
DenseNet-201	8.101	0.909	9.249	0.876	5.565	0.466
ResNet-101	8.206	0.909	9.328	0.866	5.210	0.522
ResNet-50	8.083	0.907	9.063	0.871	5.885	0.465
ResNet-18	7.995	0.903	9.442	0.865	5.344	0.492

図2 複数の Deep Learning モデルを使用した際の精度の違い

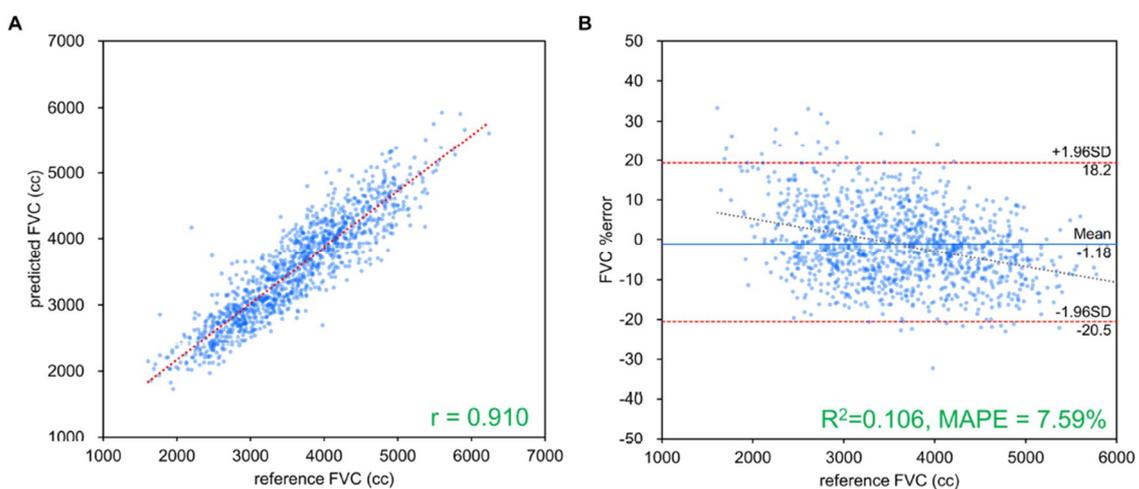


図3 Inception-ResNet-V2 モデルを使用した際の FVC の相関 (A) と Bland-Altman 分析 (B)

が認められた。これらの結果から、胸部単純X線画像には肺機能に関連する情報が含まれていることが示唆された。本研究の成果から、世界で最も多く撮影される胸部単純

X線画像を用いて肺機能値を推定することで、肺疾患を早期に検出できることが期待される。

[1] Akifumi Yoshida, Chiharu Kai, Hitoshi Futamura, Kunihiko Oochi, Satoshi Kondo, Ikumi Sato, Satoshi Kasai, Spirometry test values can be estimated from a single chest radiograph, *Frontiers in Medicine*, Vol. 11, 2024

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 Yoshida Akifumi, Kai Chiharu, Futamura Hitoshi, Oochi Kunihiro, Kondo Satoshi, Sato Ikumi, Kasai Satoshi	4. 巻 11
2. 論文標題 Spirometry test values can be estimated from a single chest radiograph	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Frontiers in Medicine	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fmed.2024.1335958	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 1件）

1. 発表者名 笠井 聡、大地邦彦、小林佑貴、二村 仁、児玉直樹
2. 発表標題 胸部単純X線画像を用いた年齢推定AIにおける転移学習の効果
3. 学会等名 第78回日本放射線技術学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉田皓文、大地邦彦、小林祐貴、近藤敏志、笠井聡
2. 発表標題 胸部 X 線画像から呼吸機能を推定する AI の開発
3. 学会等名 医用画像情報学会 MII 令和4年度秋季（194回）大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Akifumi Yoshida, Satoshi Kasai, Kunihiro Oochi, Yuuki Kobayashi
2. 発表標題 Feasibility of artificial-intelligence-based prediction for respiratory function using chest radiograph
3. 学会等名 Radiological Society of North America (RSNA) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 笠井 聡, 大地邦彦, 小林佑貴, 二村 仁, 児玉直樹
2. 発表標題 胸部単純X線画像を用いた年齢推定AIにおける転移学習の効果
3. 学会等名 日本放射線技術学会
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

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