

令和 6 年 4 月 23 日現在

機関番号：24405

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2023

課題番号：20K16798

研究課題名（和文）ディープラーニングを用いた胸部レントゲン画像からの心機能の推定

研究課題名（英文）Estimation of cardiac function from chest X-ray images using deep learning.

研究代表者

島崎 覚理（Shimazaki, Akitoshi）

大阪公立大学・大学院医学研究科・研究員

研究者番号：30803100

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究では、人工知能の一種であるディープラーニングを用いて、胸部レントゲン画像から僧帽弁閉鎖不全症と大動脈弁狭窄症を診断するモデルを開発した。単一施設で収集された1万枚以上の胸部レントゲン画像を用いてモデルを作成し、高い診断精度を達成した。本モデルにより、心エコー検査などの高度な検査を行わずとも、胸部レントゲン画像のみから弁膜症を診断できる可能性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、ディープラーニングを用いることで、胸部レントゲン画像から僧帽弁閉鎖不全症と大動脈弁狭窄症を高い精度で診断できることを世界で初めて示した。弁膜症の診断に心エコー検査が広く用いられているが、本モデルにより、より安価で簡便な胸部レントゲン検査のみでも診断が可能となる。これにより、スクリーニングの拡大や、心エコー検査へのアクセスが制限される地域での弁膜症診断の改善が期待される。

研究成果の概要（英文）：In this study, we developed deep learning models, a type of artificial intelligence, to diagnose mitral regurgitation and aortic stenosis from chest radiographs. The models were created using over 10,000 chest radiographs collected at a single institution and achieved high diagnostic accuracy. These models demonstrated the possibility of diagnosing valvular heart diseases using only chest radiographs without requiring advanced examinations such as echocardiography.

研究分野：放射線診断学・IVR学

キーワード：人工知能 AI 深層学習 Deep learning

様 式 C-19、F-19-1（共通）

1. 研究開始当初の背景

本邦で心疾患による死亡は悪性新生物に次いで 2 番目に多く、心不全による死亡は心疾患の中で最も多い。心不全の診療において心エコー法は重要な検査だが、習得に時間と経験を要するため、日常的に頻回に検査を行うことは時間やコストの両面から困難である。一方、胸部レントゲン画像は最も基本的な放射線画像検査の一つであり、心機能推定の指標の一つである CTR などは簡便性から広く用いられているが、心エコーに客観性や精度で及ばない。

2019 年、我々の研究室が共同開発したディープラーニングを用いた脳動脈瘤鑑別プログラムが PMDA に承認された。本研究では、このディープラーニングの技術を応用し、胸部レントゲン画像から左室駆出率を推定することを目的とした。これにより、心エコーに熟練した循環器医だけでなく、様々な医師やシチュエーションで心機能のスクリーニング・評価を可能とし、適切なタイミングでの治療につなげることを目指した。

2. 研究の目的

本研究の目的は、ディープラーニングを用いて、胸部レントゲン画像から左室駆出率を推定するアルゴリズムを作成することであった。これは、CTR を補完あるいは代替するような新たなモデルの作成を目指すものであり、胸部レントゲン画像に内在する心機能評価における価値の発見でもあった。

申請時点では、胸部レントゲン画像からディープラーニングを用いて心機能を推定する同様の研究はなく、独自性と創造性を有していた。これを心エコーよりも安価で簡便な胸部レントゲン画像から推定できれば、日常臨床で撮影される胸部レントゲン写真から心機能の評価が可能となり、適切なタイミングでの心疾患の治療判断につながる可能性があった。

3. 研究の方法

本研究では、単一施設で 2016 年 7 月から 2019 年 5 月の間に収集された心エコー検査と、その前後 30 日以内に撮影された胸部レントゲン画像を用いた。心エコー検査の所見により、胸部レントゲン画像を僧帽弁閉鎖不全症あり・なし、大動脈弁狭窄症あり・なしとラベル付けした。これらを患者単位で、訓練用、検証用、テスト用のデータセットに 8:1:1 の割合で分割した。僧帽弁閉鎖不全症の診断では、ResNet50 を用いて独立して開発した。大動脈弁狭窄症の診断でも同様に、3 つのモデル（InceptionV3、ResNet50、DenseNet121）を用いたソフトボーティングアンサンブルを行った。

モデルの評価には、検証用およびテスト用データセットにおける、ROC 曲線下面積（AUC）、感度、特異度、正確度、陽性的中率、陰性的中率を用いた。また、訓練済みモデルにより胸部レントゲン画像を分類する際に注目された領域を可視化するため、Class Activation Mapping を用いたヒートマップを作成した。

4. 研究成果

本研究では、胸部レントゲン画像からディープラーニングを用いて僧帽弁閉鎖不全症と大動脈弁狭窄症を診断するモデルを開発し、高い診断精度を達成した。

僧帽弁閉鎖不全症の診断では、ResNet50 が検証用データセットで AUC 0.80、感度 71%、特異度 74%、正確度 73%、陽性的中率 68%、陰性的中率 77%、テスト用データセットで AUC 0.80、感度 71%、特異度 74%、正確度 73%、陽性的中率 68%、陰性的中率 77%であった。ヒートマップの可視化では、僧帽弁閉鎖不全症の重症度が上がるにつれ、左心房や左心室、上大静脈の領域に注目領域が拡大していく傾向が見られた。

大動脈弁狭窄症の診断では、3 モデルのソフトボーティングアンサンブルモデルで、検証用デ

ータセットで AUC 0.83、感度 78%、特異度 71%、正確度 71%、陽性的中率 18%、陰性的中率 97%、テスト用データセットで AUC 0.83、感度 83%、特異度 69%、正確度 71%、陽性的中率 23%、陰性的中率 97%であった。大動脈弁狭窄症の重症度が上がるにつれ、感度が上昇する傾向が見られた。ヒートマップでは、大動脈弁狭窄症の重症度が上がるにつれ、大動脈弁領域や左心室領域に注目領域が拡大していた。

これらの結果は、胸部レントゲン画像に弁膜症の診断に有用な特徴が内在していることを示唆している。本モデルは、心エコー検査へのアクセスが制限される状況下での弁膜症診断や、スクリーニングの拡大に貢献し得る。一方で、偽陽性や偽陰性の影響を考慮し、使用対象となる集団の疾患有病率に応じてモデルを適用していく必要がある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Daiju Ueda, Akira Yamamoto, Shoichi Ehara, Shinichi Iwata, Koji Abo, Shannon Walston, Toshimasa Matsumoto, Akitoshi Shimazaki, Minoru Yoshiyama, Yukio Miki	4. 巻 3
2. 論文標題 Artificial intelligence-based detection of aortic stenosis from chest radiographs	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 European Heart Journal - Digital Health	6. 最初と最後の頁 20-28
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/ehjdh/ztab102	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 -

1. 著者名 Daiju Ueda, Shoichi Ehara, Akira Yamamoto, Shinichi Iwata, Koji Abo, Shannon Walston, Toshimasa Matsumoto, Akitoshi Shimazaki, Minoru Yoshiyama, Yukio Miki	4. 巻 4
2. 論文標題 Development and Validation of Artificial Intelligence-based Method for Diagnosis of Mitral Regurgitation from Chest Radiographs	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Radiology: Artificial Intelligence	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1148/ryai.210221	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0件

〔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
---------	---------