

令和 6 年 5 月 6 日現在

機関番号：15401

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2023

課題番号：20K16701

研究課題名（和文）CTの機種や撮影条件に影響されない人工知能を応用した肺気腫の定量評価法の開発

研究課題名（英文）Development of quantitative evaluation methods for emphysema which is not affected by CT scan condition using deep-learning based reconstruction

研究代表者

福本 航（Fukumoto, Wataru）

広島大学・医系科学研究科（医）・助教

研究者番号：00726870

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究はAIを応用したCTの画像再構成法を用いて、CT装置や撮影条件に影響されない肺気腫の定量評価法の開発を行った。

2021-2022年には、臨床例を用いて肺気腫スコアについて、従来の画像再構成法とAIを用いた画像再構成法を比較した。AIを用いた画像再構成法を用いることで画像ノイズが低減し、スコアが減少することが明らかとなったが、真値が定まっていないため、どの画像再構成法が優れているか証明できなかった。そこで、2023-2024年度は肺気腫ファントムを用いて検討した。AIを応用したCTの画像再構成法により、ノイズが低減し、真値に近づくため、最も最適な再構成法であることが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、AIを応用したCTの画像再構成法を用いることで、画像ノイズの低減が可能となり、CT装置や撮影条件等に影響されにくい肺気腫の定量評価が可能であることを明らかにした。これは、2030年に世界の死因第3位になると予測されている慢性閉塞性肺疾患の早期発見、重症度分類、治療効果判定を行う際に有用となる可能性があり、社会的意義は非常に高い。また、近年は超高精細CTやphoton-counting CTといった新たなCTが登場しており、それらを活用するうえでも今回の我々の結果は非常に重要である。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to develop quantitative evaluation methods for emphysema score which was not affected by CT scan condition using deep-learning reconstruction. In 2021-2022, we compared the conventional reconstruction and the deep-learning based reconstruction (DLR) for emphysema scores using clinical cases. It revealed that the the DLR reduced image noise and decreased scores, but since the true values were not determined, we could not prove which image reconstruction method was superior. Therefore, the phantom study was performed in 2023-2024. Our phantom study revealed that DLR may be the best reconstruction method for emphysema score because the image noise was reduced and the value was most accurate.

研究分野：CT

キーワード：肺気腫 CT 人工知能 Deep-learning

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

慢性閉塞性肺疾患 (COPD: chronic obstructive pulmonary disease) とは、肺気腫などのタバコ煙を主とする有害物質を長期に吸入暴露することで生じる肺の炎症性疾患である。COPD は肺癌のリスク因子であるのみならず、脳血管障害や虚血性心疾患も合併しやすく、死亡率も高くなることが知られている。WHO によると、世界には 6400 万人が COPD に罹患し、毎年 300 万人が死亡している。また、2030 年には世界で死因の第 3 位になると予測されており、喫緊で対策を講じなければならない疾患のひとつである。COPD は非可逆的疾患であるため、早期発見、早期介入が重要であり、そのためには正確で客観的な評価方法が不可欠とされる。これまで CT を用いた肺気腫の定量評価法が盛んに研究されているが、CT を用いた定量評価では、CT 装置や撮影条件によって画質が変化し、その値が大きく影響されることが問題点であった。CT 装置や撮影条件に影響されない肺気腫の定量評価法を開発が求められている。

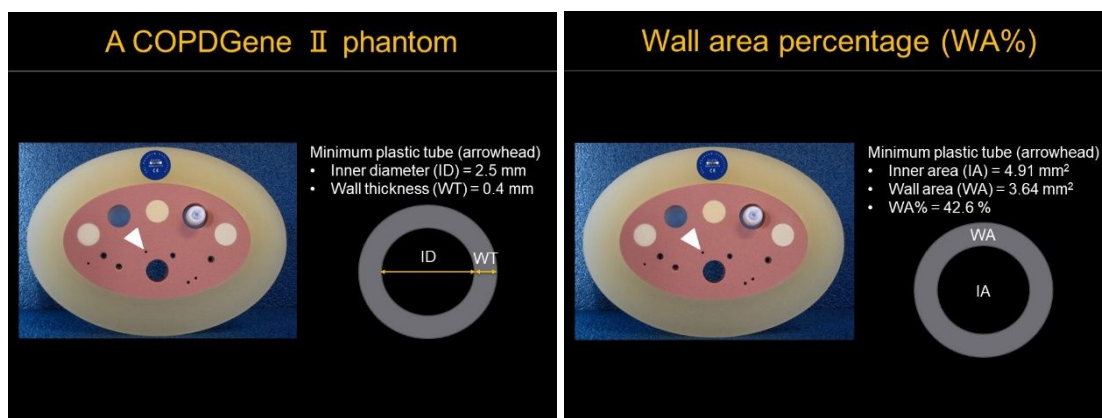
2. 研究の目的

近年、人工知能 (AI: Artificial Intelligence) を応用した CT の画像再構成法 (CT データから画像に変換する方法) が登場した。これは人工知能に予め、低画質の画像と理想の条件で撮影された CT データから得られた画像を学習させ、異なった撮影条件の CT データからでも、理想の条件下の画像を作成することができる技法である。従来の画像再構成法と比較して、異なった CT 装置や撮影条件下でも均質で理想的な画像を作成できると期待が寄せられている。本研究は AI を応用した CT の画像再構成法である (deep-learning-based reconstruction: DLR) を用いて、CT 装置や条件に影響されない肺気腫の定量評価法の開発を目的とした。

3. 研究の方法

臨床研究としては、2021 年 10 月から 12 月に肺がん術前に超高精細 CT [(Ultra-high-resolution CT: U-HRCT (Aquilion Precision, Canon Medical Systems)] が撮影された 30 人 (男性 15 人、女性 15 人、年齢中央値 80 歳、範囲 37-88 歳) を対象とした。得られた CT データを 3 つの画像再構成法 [hybrid-iterative reconstruction (hybrid-IR)、model-based iterative reconstruction (MBIR)、DLR] を用いて再構成し、肺気腫の定量評価を行い、画像再構成法の違いによる肺気腫の定量評価の変化について検討した。肺気腫の定量評価法としては、肺気腫スコア (全肺容積に対する CT 値が -950HU 以下の領域の割合) を測定した。

ファントム研究としては、肺気腫ファントム [COPDGene phantom (CCT162, The Phantom Laboratory)] を用いて、U-HRCT および photon-counting CT (PCD-CT) (TSX-501R, Canon Medical Systems) で撮影し、CT 装置や画像再構成による肺気腫の定量評価の変化について検討した。

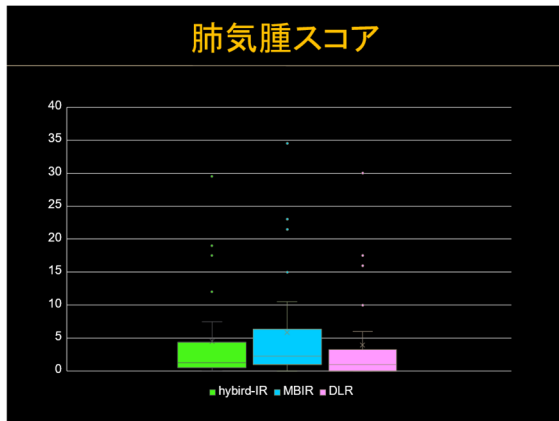


CT 装置による肺気腫の定量評価の変化の検討では、肺気腫ファントムを U-HRCT と PCD-CT で撮影し、ファントム内の最も小さい模擬気管支における内腔 [inner diameter: ID (真値 2.5mm)] や壁厚 [wall thickness: WT (真値 0.4mm)]、気道面積に占める壁厚面積 [wall area percentage: WA% (真値 42.6%)] についてそれぞれ測定し、CT 装置間での変化について検討した。また、画像ノイズ (関心領域の CT 値の standard deviation) についても測定した。画像再構成法としては FBP を採用した。

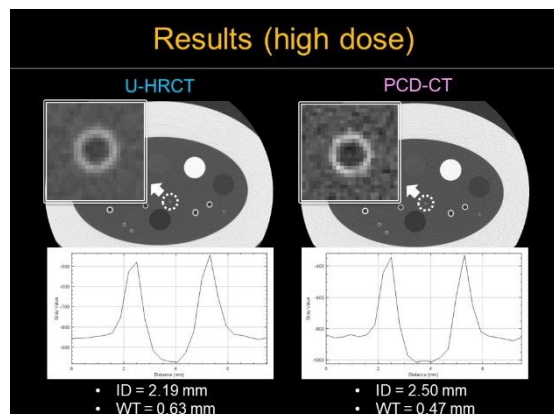
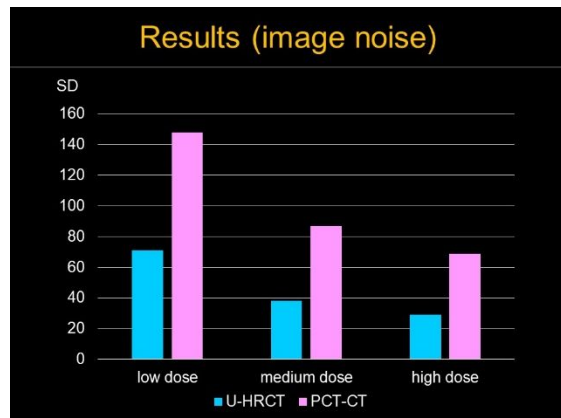
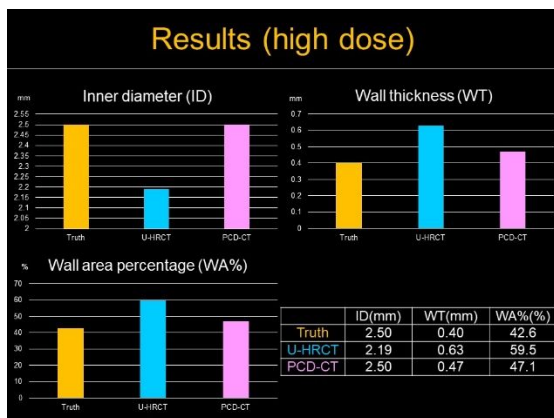
画像再構成法による肺気腫の定量評価の変化の検討では、肺気腫ファントムを PCD-CT で撮影し、得られた CT データより Normal resolution (NR) image with hybrid IR、Super-high-resolution (SHR) image with filtered backed projection (FBP)、SHR image with hybrid IR、SHR image with DRL の 4 種類の画像再構成法で再構成した。肺気腫の定量評価としては、ID、WT、WA%、画像ノイズに加え、気管支内の低吸収領域 (-950HU) の割合 (low attenuation area%: LAA%) についても測定した。

4. 研究成果

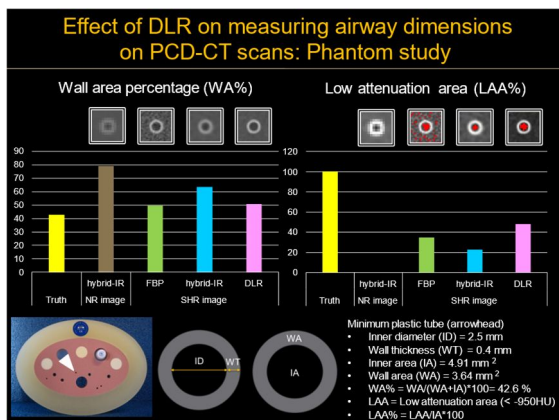
肺がん術前に超高精細 CT が撮影された 30 人の肺気腫スコアの平均値は、hybrid-IR で 4.5%、MBIR で 5.9%、DLR で 3.9% であり、DLR が最も低い結果となった。これは DLR ではノイズ低減が可能であり、肺気腫スコアのノイズによる影響を減少することができたためと考えられた。しかしながら、呼吸機能検査との相関に有意な向上は認められず、いずれの画像再構成法が真値を反映しているか証明することは困難であった。



そこで真値が存在する肺気腫ファントムでの評価を追加した。U-HRCT と PCD-CT との比較では、U-HRCT における ID、WT、WA% はそれぞれ 2.19 mm、0.63 mm、59.5% であったのに対して、PCD-CT では、それぞれ 2.50 mm、0.47 mm、47.1% であり、いずれも PCD-CT の方が真値に近かった。一方で、画像ノイズは U-HRCT では 29.2 であったのに対して、PCD-CT では 68.7 であり、画像ノイズが 2 倍以上も増加する点が問題点であることが明らかとなった。画像ノイズの増加は CT 値のばらつきを増大させ、肺気腫領域の測定に悪影響を与える可能性があるため、ノイズ低減が可能な画像再構成法の使用が必要であると考えられた。



PCD-CTの4種類の画像再構成法における肺気腫の定量評価では、NR image with hybrid-IRではID、WT、WA%はそれぞれ1.87mm、1.10mm、78.9%であった。SHR image with FBPでは2.43mm、0.50mm、49.7%、SHR image with hybrid-IRでは2.18mm、0.72mm、63.6%、SHR image with DLRでは、2.41mm、0.51mm、50.7%であった。また、画像ノイズおよびLAA%はSHR image with FBPでは、67.4、34.9%、hybrid-IRでは14.2、23.0%、DLRでは、22.5、48.3%であった。NR imageでは画像ノイズは5.8と最も低かったが、模擬気管支内のLAAは検出できなかった。肺気腫ファントムにおける肺気腫の定量評価において、DLRを画像再構成法として用いることで、最も真値に近い測定が行えるため、最適な画像再構成法である可能性が示唆された。



以上より、肺気腫のCTを用いた定量評価において、AIを応用したCTの画像再構成法は異なるCT条件下においてもノイズ低減が可能であり、より正確な定量評価が可能となるため、最適な画像再構成法である可能性がある。今後は多くの臨床例を用いて、このAIを応用したCTの画像再構成法により肺気腫の早期発見や重症度分類、治療効果判定にどの程度有用であるか検討する予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Wataru Fukumoto, Ikuo Kawashita, Shota Nakano, So Tsushima, Kazuo Awai
2. 発表標題 Comparison of newly developed CZT-based Photon Counting Detector CT (PCD-CT) and Ultra-High-Resolution CT (U-HRCT) for measuring airway dimensions: A phantom study
3. 学会等名 ECR2024 (国際学会)
4. 発表年 2024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
研究協力者	栗井 和夫 (Awai Kazuo)		
研究協力者	川下 郁生 (Kawashita Ikuo)		
研究協力者	檜垣 徹 (Higaki Toru)		

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