

学位論文審査結果の報告書

氏 名 小塚 健倫

生 年 月 日 昭和 39 年 6 月 11 日

本 籍 (国 籍) 大阪府

学 位 の 種 類 博 士 (医 学)

学 位 記 番 号 医 第 1343 号

学位授与の条件
(博士の学位) 学位規程第5条第2項該当

論 文 題 目

Efficiency of a computer-aided diagnosis (CAD) system with deep learning in detection of pulmonary nodules on 1-mm-thick images of computed tomography

1 mm厚コンピュータ断層画像での肺結節検出における、深層学習を備えたコンピュータ支援診断 (CAD) システムの有効性

学位論文受理日 2020年 11月 16日

学位論文審査終了日 2021年 1月 28日

審 査 委 員 (主 査) 光富 徹哉



(副主査) 重吉 康史



(副主査) 細野 眞



(副 査)



指 導 教 員

石井 一成



論文内容の要旨

【目的】

1mm厚コンピュータ断層画像で肺結節を検出する際に、深層学習（AI）を備えたコンピュータ支援診断（CAD）システムを使用した場合と、使用しなかった場合とで、その検出状況や読影に要した時間を比較することにより、CADシステムの有効性を評価すること。

【方法】

肺がんが疑われる患者から120症例の胸部CT画像を無作為に抽出し、適格症例117症例を選出した。これらの画像に描出された長径3mm以上の743結節を3人の専門的な放射線科医の合意に基づきゴールドスタンダードとして決定した。次に、経験の浅い2人の放射線科医が、CADシステムを使用した場合と、使用しなかった場合とでそれぞれ結節を検出し、検出の感度、陽性的中率（PPV）、F1スコアを比較した。また、読影時間を記録し、CADシステム使用の有無で比較した。なお、CADシステムはInferRead CT Lung（Infervision社製、中国）を使用した。

【結果】

CADシステムを使用した場合は、使用しなかった場合に比べ、肺結節検出の感度が20.9%から38.0%に増加した。PPVは70.5%から61.8%に減少し、F1スコアは32.2%から47.0%に増加した。感度は、小さな結節（3～6mm）では13.7%から32.4%に、中程度の結節（6～10mm）では33.3%から47.6%に大幅に増加した。CADだけでも、感度70.3%、PPV57.9%、F1スコア63.5%を示した。結節を充実性、部分充実性、石灰化、ground glass nodule（GGN）に分類した解析でも、全てのタイプで検出感度が上昇し、中でもGGNの検出が18.0%から40.1%へと最も増加した。またCADを使用すると、読影時間が11.3%減少した。

【考察】

これまでのAI-CADシステムでも肺結節の検出感度が上昇すると報告されていたが、我々は結節のサイズを細分化し比較した。更に結節のタイプ別でも解析したが、これらに関する報告はこれまで少なかった。これらの分析結果から、今回使用したシステムは臨床に有用と考えられる。以前の報告では読影時間が延長する報告が多かったが、今回は、読影時間も短縮できた。今回のシステムでは血管、胸膜肥厚、吸気不足や炎症などが肺結節として多く検出されたため、false positiveが増加し、その結果PPVが減少したが、検出を目的としたシステムとしては問題ないと考えられる。F1スコアが上昇したことからも有効なAIシステムと考えられる。

【結論】

1mm厚コンピュータ断層画像でこのCADシステムを使用すれば、経験の浅い放射線科医において、臨床的に重要なサイズの中結節（6～10mm）および小結節（3～6mm）の検出感度が大幅に、そしてすべてのサイズで肺結節の検出感度が改善した。更にF1スコアは上昇し、読影時間も減少することが判明した。

博士論文の印刷公表	公表年月日	出版物の種類および名称
	2020年6月26日 公表 (DOI : https://doi.org/10.1007/s11604-020-01009-0)	博士学位論文 Japanese Journal of Radiology 第 38 卷 1052~1061 頁
	全文	Efficiency of a computer-aided diagnosis (CAD) system with deep learning in detection of pulmonary nodules on 1-mm-thick images of computed tomography

論文審査結果の要旨

1) 論文内容の要旨

【目的】1mm厚コンピュータ断層画像で肺結節を検出する場合、人工知能(AI)を備えたコンピュータ支援診断(CAD)システムを使用した場合と、使用しなかった場合とで、その検出状況や読影に要した時間を比較することにより、CADシステムの有効性を評価すること。

【方法】肺がんが疑われる患者から120症例の胸部CT画像を無作為に抽出、適格症例117症例を選出した。3人の専門的な放射線科医の合意に基づき、これらの症例の長径3mm以上の743結節を基準となる結節として決定した。次に、経験の浅い2人の放射線科医が、CADシステムを使用した場合と、使用しなかった場合とでそれぞれ結節を検出し、検出の感度、陽性的中率(PPV)、PPVと感度の調和平均であるF1スコアとを比較した。更に、読影時間を記録し、CADシステム使用の有無で比較した。なお、CADシステムはInferRead CT Lung (Infervision社製、中国)を使用した。

【結果】CADシステムを使用した場合は、使用しなかった場合に比べ、肺結節検出の感度が20.9%から38.0%に増加、PPVは70.5%から61.8%に減少し、F1スコアは32.2%から47.0%に増加した。感度は、小さな結節(3~6mm)では13.7%から32.4%に、中程度の結節(6~10mm)では33.3%から47.6%に増加した。CADのみ(システムの指摘にまったく医師の判断を加えない場合)では感度70.3%、PPV 57.9%、F1スコア63.5%であった。充実性、部分充実性、石灰化、ground glass nodule (GGN)の全てのタイプの結節で検出感度が上昇し、特にGGNの検出が18.0%から40.1%へと最も増加した。またCADを使用すると、読影時間が11.3%減少した。

【考察】これまでのCADシステムでも肺結節の検出感度が上昇すると報告されてきたが、今回は従来報告が少なかった結節のサイズ別やタイプ別で詳細に解析したところに、特に意義があると考えられる。従来の報告では読影時間が延長するとの報告が多かったが、今回は、読影時間も短縮できた。また、本システムでは血管、胸膜肥厚、吸気不足や炎症などが肺結節として多く検出された結果、PPVが減少したが、スクリーニングシステムとしては問題ないと考えられる。F1スコアも上昇し臨床的にも有用であると考えられた。

【結論】このCADシステムを使用すれば、経験の浅い放射線科医であっても、すべてのサイズ・性状における肺結節の検出感度、F1スコアが改善し読影時間も減少した。

2) 審査結果の要旨

本論文に対する最終試験は令和2年12月28日の午後4時から第9講義室で実施された。著者が本研究を行うに至った背景、目的、対象と方法、結果、考察、結論を口頭で発表し、その後副主査である重吉教授、細野教授そして主査の光富からいくつかの質問を行った。

重吉教授からは、1. 4種類の典型的な肺結節の診断方法と取り扱い方法、2. AIは感度が高いので、そのまま報告書に記載して良いかどうか、3. 読影時間が短縮できた理由、4. AIが血管を肺結節と誤認した理由、5. 骨の近くはアーチファクトが発生し、検出率が低下しないか、が質問された。次いで細野教授からは、1. 小さな結節まで大量に検出された場合、これらをどの様に取り扱うのか、2. AIによる偽陽性を解消する方法としては何が考えられるのか、3. 多くの症例を集めて解析した今回の研究で苦労した点は何か、が質問された。最後に光富からは、1. 正解として検出された743結節中、癌や癌が疑われた56結節についての成績はどうなのか、2. 熟練に必要な放射線科医の経験年数について、3. AIシステムの導入方法やコスト、などを質問した。

これらの質問に対し、小塚氏は具体的な例を挙げながら極めて的確に回答した。特に、CADシステムが放射線科医の業務負担の軽減に役立つ可能性を示したこと、肺結節のサイズや性状別に精密な分析がなされたことが高く評価できる。また、同氏は肺結節の検出とその後の取り扱いについて卓越した知識や能力があり、対象となった120症例を自ら収集し丹念に読影したことも確認した。

これらの質疑応答を踏まえて、主査、副主査は合議の上、提出された学位論文が確かに小塚健倫氏の研究成果であり、学位授与にふさわしい研究指導能力を持つと判断し、最終試験を合格と判定した。

3) 最終試験の結果：合格

4) 学位授与の可否：可