

論文内容の要旨

Illuminating Clues of Cancer Buried in Prostate MR Image:

Deep Learning and Expert Approaches

前立腺 MRI 画像を用いた深層学習における判断根拠の探求

日本医科大学大学院医学研究科 男性生殖器・泌尿器科学分野

研究生 赤塚 純

Biomolecules 9 卷 11 号 673 (2019) 掲載

“前立腺 MRI 画像を用いた深層学習における判断根拠の探求”

背景:

AI の実臨床への応用が高く期待されている。特に現代 AI の中心的技術である深層学習は、画像分野において画期的な進歩をもたらしてきた。一方で、AI（深層学習アルゴリズム）の判断根拠を人間が直接的に理解できないという「ブラックボックス問題」に注目が集まっており、2019 年 6 月に開催された 20 カ国・地域首脳会議（G20 大阪サミット）の中でも、判断根拠を人間が理解すること（説明可能性）への重要性が指摘されている。われわれ人間が、AI と人間のアプローチの違いを理解することは、このようなブラックボックス問題を解決する一つの手がかりになると考えられる。

前立腺は、臓器全体の病理学的な観察が可能であるために、MRI 画像と病理画像の精密な比較観察が可能である。今回われわれは、前立腺癌の分類を行う際に AI が重要視した領域と、放射線科医と病理医が診断する際に重要視した領域を比較する事で、AI の説明可能性について定量的な評価を行った。

対象:

前立腺癌疑いのため multiparametric MRI を施行した 105 症例（癌症例: N=54,

非癌症例: N=51) を対象とした.

方法:

1. 畳み込みニューラルネットワーク (Xception) を用いて前立腺 MRI の T2 強調画像 307 枚に対して癌の有無について分類した. 交差検証法を用いて ROC 曲線 (Receiver Operatorating Characteristic curve) を作成し AUC (area under the curve) を用いて分類精度を検討した.
2. 前立腺 MRI 画像の分類結果に対して症例毎の臨床病理学的特徴を評価した.
3. 前立腺全摘術の全割全包埋病理画像 896 枚の三次元再構築モデルを作成し前立腺 MRI 画像と対応する画像の比較を行なった. AI による癌分類の際に影響度の高かった領域を可視化する深層学習アルゴリズム (Grad-CAM 法) が示した領域と, 専門医 (放射線科医と病理医) が診断した際に重要視した領域の違いを検討した. 放射線科医の診断は前立腺 MRI 診断システムである PI-RADS version 2 に基づいて行われた. 病理医は, 癌の局在部位を同定すると共に, その癌に対する組織診断を前立腺癌診断基準である ISUP grading に基づいて行なった.
4. 上記 Grad-CAM 法が示した領域と, 専門医が診断した際に重要視した領域に対して病理学的に検証した.

結果：

AIの前立腺MRI画像の分類精度は、画像レベルがAUC 0.90(95%信頼区間: 0.87-0.94)、症例レベルがAUC 0.93(95%信頼区間: 0.87-0.99)であった。誤分類した症例群のグリソンスコアは、分類可能な症例群よりも有意に高かった ($p = 0.03$)。AIが重要視した領域は、放射線科医が診断したPI-RADS 3点以上の領域と70.5%が合致し、病理医が同定した癌領域と72.1%が合致していた。AIが重要視した非癌領域は、移行領域、辺縁領域、前立腺外領域に集中していた。これらの非癌領域では、リンパ球凝集、拡張腺管などの病理学的所見が認められた一方で、脂肪組織など、過学習の結果と考えられる所見も含まれていた。

結論：

今回我々は、重要領域を可視化する深層学習アルゴリズムをMRI画像と三次元再構築した病理標本に適用することで、癌分類の際のAIと人間のアプローチの違いを明らかにした。その結果、AIが高い画像分類精度(AUC)を達成しても、AIが重要視した領域は必ずしも専門医の重要視した領域と合致していない事がわかった。また、AIが重要視した領域を詳細に検討したところ、AIは人間と異なった視点で一部のMRI画像を分類しており、病理学的所見を反映した微小画像の複合的な認識が、AIの分類精度向上に役立っている可能性が示唆された。本研究では、重要領域を可

視化する深層学習アルゴリズムを適用する事で、AI と人間の分類根拠の違いを明らかにしたとともに、MRI 画像に対する AI の説明可能性について初めての定量的・医学的評価に成功した。AI の判断根拠を理解する事により、医師が人工知能の誤分類を修正する事が可能になる。今後、AI の説明可能性についてさらなる探求が必要になると考えられる。