

令和2年度 博士論文

題目：深層学習による CT 画像からの大腸がん検出と肺疾患予後予測のための CAD に関する研究

氏名：植村 知規

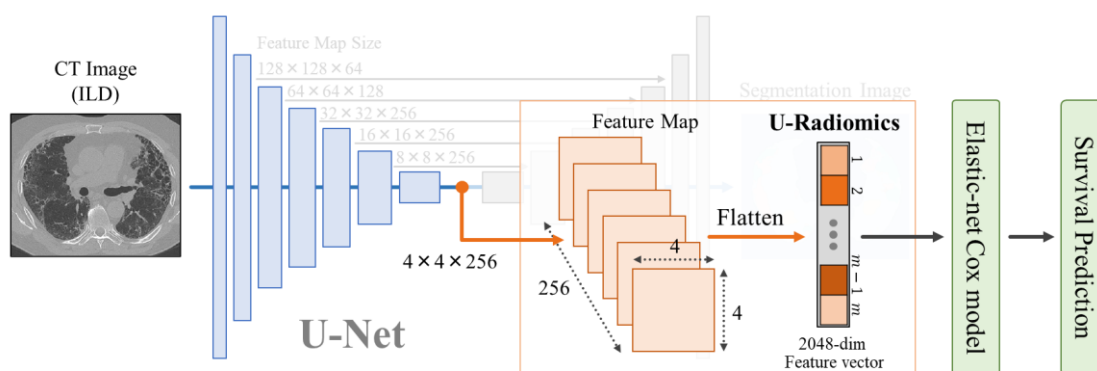
近年、CT 撮影装置の高性能化に伴い、高精細な画像が短時間において大量に取得が可能となった。このことから、医療において画像診断の需要は増加しており、画像の読影により様々な病気の診断、病変の検出が可能となった。一方、読影を行う医師への負担が増加しており、負担の増加は読影の精度に対し悪影響を与える。上述の背景から、医師の読影補助を目的とした、コンピュータ支援診断/検出(CAD)システムの開発が盛んに行われている。CAD システムは、計算機による画像解析により病気の診断、あるいは、病変の検出を行い、医師に対し「第二の意見」として結果の提示を行うことにより診断の補助を行う。本論文では、大腸がん検出と、肺疾患患者の予後予測のための CAD システムの開発を目的とする。

また、近年、深層学習の台頭により、深層学習に代表される AI の医療への応用に多大な関心が集まっている。深層学習は既存の手法における数々の問題の解決を行っており、CAD システムにおいて主たる問題である、病変の診断、および、病変の検出に対し有効であると考えられる。従って本論文では、深層学習に基づく新たなモデルを提案し、既存の CAD システムにおける問題の解決を行う。

大腸がん検出 CAD システムに関し、既存の CAD システムは、高感度である一方、偽陽性陰影を多く検出する傾向にある。従って本論文では、既存の CAD システムによる検出結果に対し、2 段階目の分類を行う分類モデルの提案を行い、偽陽性陰影の低減を図る。提案モデルは、3 次元畳み込みにより対象の空間的な特徴を捉えることを可能とし、アンサンブル手法を用いることにより、サイズ変化に対する頑健性の獲得を可能とする。また、深層学習モデルの学習には大規模なモデルが求められるため、データセット不足が問題となる。従って、Flow に基づく生成モデルにより、より効果的な疑似データ生成が可能な手法を提案し、データセットの拡張を行う。提案手法により拡張されたデータセットを用い、上記の分類モデルの性能改善を行う。3 次元深層畳み込みニューラルネットワークによる分類モデル: E3D-ResNet、E3D-DenseNet の提案を行い、提案モデルと比較モデルによる分類性能の比較を行うことにより、提案モデルの有効性を示した。提案モデルである E3D-ResNet は、3 次元畳み込みにより対象の空間的な特徴をより効率的に捉え、アンサンブル手法を用いることにより、サイズ変化に対する頑健性の獲得を可能とした。また、E3D-DenseNet は Dense Block により、局所的な濃度変化をより効果的に捉えることを可能とした。データ不足に対する解決手段として、Flow に基づく生成モデルである Glow の 3 次元拡張を行った 3D-Glow を提案し、3D-Glow による病変データの拡張法を提案した。3D-Glow による生成では、2 つの参照ポリープからの疑似ポリープの生成が可能であり、既存の手法と比較し、実

際するポリープと類似した構造を保ち、より多様な構造を持つ疑似ポリープの生成を可能とした。

肺疾患患者の予後予測に関し、予後予測に向けた様々なバイオマーカーが提案されているが、画像解析に基づく有効な予後予測バイオマーカーは未だ提案されていない。従って本論文では、深層学習に基づくセグメンテーションモデルである「U-Net」から得られる画像特徴量: U-Radiomics を、肺疾患患者の予後予測バイオマーカーとして利用し、その予測性能に関する比較実験を行う。また、敵対学習に基づき、画像解析により患者の生存時間分布のモデリングを可能とするモデルを提案し、画像から直接的に患者の生存時間の推定を行う手法を提案する。予後予測のバイオマーカーは患者の性別、年齢、肺機能検査結果等により算出されるものが主として用いられており、画像解析に基づくバイオマーカーは提案されていなかった。本論文では、画像解析に基づくバイオマーカーである「U-Radiomics」を提案し、U-Radiomics を用いた予後予測モデルの提案を行った。U-Radiomics と他の既存バイオマーカーとの比較により、U-Radiomics は、間質性肺疾患患者に対し、画像解析に基づく優れたバイオマーカーに成り得ることが示された。また、画像解析により生存時間の直接的な推定を可能とする新たな予測モデルである「pix2surv」の提案を行った。敵対的生成モデルを用いた手法である「DATE」は、性別、年齢、肺機能検査結果を潜在表現として用い、対象とする患者の生存時間分布のモデリングを行う。一方、pix2surv は、画像から得られる特徴量を潜在表現として用いるため、CT 画像以外の情報を必要としない点において DATE よりも優れている。DATE との比較実験より、pix2surv は優れた生存時間予測モデルであると言える。



U-Radiomics に基づく予後予測モデル