

論文の内容の要旨

論文題目 深層学習を用いた肝疾患の超音波検査映像に対する
診断支援システムの構築

氏 名 唐子 顕児

本研究では肝臓の超音波検査映像を対象とした診断支援システムの実現を目指し、深層学習技術をベースにした検出モデルの構築について検討した。

第1章では肝疾患の超音波検査映像に対する診断支援システムを構築する上での背景・課題について述べた。超音波検査は肝臓の簡便な診断手法として優れているが、正確な診断には医学的知識だけでなく熟練の技術が要求され、専門医師でなければ難しい。本研究では深層学習技術を用いた診断支援システムによるサポートにより専門医のいない一般診療所での超音波検査による診断の実現を目指す。実現にあたっては撮影自由度が高く、肝臓内で血管が多数絡み合っている中での物体検出タスクの複雑性、その複雑な映像変化を学習可能なデータ多様性の確保、診断支援システム自体の有効性が課題となる。

第2章では診断支援システム実現の基礎の深層学習技術となるDeep Pyramidal Residual Networks、物体検出モデルのFaster Regions with Convolutional Neural Networks (Faster R-CNN)、Mask Regions with Convolutional Neural Networks (Mask R-CNN)について記述し、加えて画像診断・検査向けの応用研究を踏まえ、肝臓の超音波検査映像に適用する際の課題を述べた。

第3章では複雑性のあるタスクの肝臓内の腫瘍・血管検出を実現するためFaster R-CNNをベースに超音波検査映像変化に伴う物体の変化情報を補うOptical Flowを利用した腫瘍・血管検出モデルを構築した。Average Precision Intersection over Union=50%(AP₅₀)が 0.887での検出を実現した。Optical Flow導入モデルは腫瘍の感度でFaster R-CNNと有意差が見られたが血管を多重に検出される現象が見られた。

第4章では複雑性の要因である絡み合い存在する血管を細分化し腫瘍、肝静脈、下大

静脈、下行大動脈、グリソン鞘、小血管の6種を深層学習に使用し分類するため物体の超音波に対する散乱特性・減衰特性の特徴量を抽出可能なPower-Law Shot-Noise Modelを導入し得られた冪則指数と画像データを入力データとして利用した。単純に画像のみを利用した場合と比較し下大静脈と腫瘍に関する分類精度の上昇が見られた。一方、冪則指数の導入で全体的には検知精度が1.95%悪化し、計算のコストが上がった。

第5章では限られたデータ量の中で多様性の確保を実現する。Mask R-CNNに対して肝臓の超音波検査時の操作に着目し、操作によって変化する映像を再現するデータ水増し手法として扇形回転トリミングを提案した。加えて既存のデータ水増し手法の左右反転、色相変化、ノイズ付加、Random Erasing、Random Resize Cropを利用したモデルを構築し比較した。評価には学習データと同じ5名から作成した評価データと完全に異なる肝細胞癌患者2名とドナー1名から作成した未学習評価データを利用した。既存データ水増し手法では全データ水増し手法で腫瘍に関する AP_{50} が未学習評価データでは大きく下がり最高でも左右反転の $AP_{50}=0.128$ となった。既存のデータ水増し手法では超音波検査によって撮影される映像の変化に対応できず、映像的变化及び腫瘍のパターン変化の多様性を増加が難しいことが明らかとなった。一方で扇形回転トリミングは未学習評価データに対し全体で $AP_{50}=0.316$ 、腫瘍には $AP_{50}=0.201$ の結果となった。腫瘍組織の識別に関しては従来と比べて大きく性能を向上させた。

第6章では診断支援システムの有効性を検証した。肝臓の超音波検査に関して経験が浅い研修医6名の協力の下、超音波検査映像に対してシステムがアノテーション（腫瘍及びその他物体の位置情報）を付与した映像と通常の映像を視聴した際の映像中に含まれる腫瘍をどれだけ正確に認識できるかを比較、評価を行った。対象映像にはシステムが学習済みの映像2つと未学習の映像2つを利用した。学習済み・未学習に関わらずアノテーション有が優れたArea Under the Curve (AUC)を示した。アノテーションによる平均AUC増加値は0.057と小さいながらも、未学習データに対しても効果があることがわかった。

第7章では結論と今後の展望について述べた。