

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第	号
------	-------	---

氏 名 王 成龍

論 文 題 目

Tubular and Solid Organ Segmentation Methods and Their
Applications to Computer-Aided Kidney Diagnosis

(管腔臓器および実質臓器のセグメンテーション方法と
それらのコンピュータ支援腎臓診断への応用)

論文審査担当者

主 査 名古屋大学教授 森 健策

委 員 名古屋大学教授 村瀬 洋

委 員 名古屋大学准教授 工藤 博章

王成龍君提出の論文「Tubular and Solid Organ Segmentation Methods and Their Applications to Computer-Aided Kidney Diagnosis」は、CT画像からの管腔臓器及び実質臓器領域抽出手法、ならびに、そのコンピュータ支援腎臓診断支援システムへの応用について述べており、6章から構成される。

第1章では、本論文における研究の背景、目的、ならびに位置づけについて述べている。CT画像からの管腔臓器、実質臓器領域抽出とコンピュータ支援診断に関するこれまでの研究とその問題点を示している。医用画像処理分野において、血管などの管腔臓器領域、腎臓などの実質臓器領域の高精度な抽出は重要な課題である。本章では、これらの課題を解決するための道筋を示している。

第2章では、Tensor-cut と呼ぶ新しい CT 画像からの管腔臓器領域抽出手法を提案している。血管が持つ管状構造を高階テンソルで表現し、この情報を画像セグメンテーションで用いられる Graph-cut 法に組み込む手法を提案している。高階テンソルの導入により、管腔臓器が持つ幾何学的な特徴をより適切に表現することが可能となる。CT 画像に対する適用結果から、本手法が従来の手法と比較し、より細かな血管まで抽出可能であることを示している。

第3章では、深層学習を用いた CT 画像からの管腔臓器領域抽出手法を示している。3D Recurrent Convolutional Layer と Radial Distance Loss と呼ぶ新たなニューラルネットワーク構造と損失関数を提案している。これらは、管腔臓器領域抽出に特化して設計されたものであり、実験を通じて本手法の有効性を示している。

第4章では、深層学習を用いた実質臓器領域抽出手法を提案している。臓器位置情報を学習可能な Spatially-aware モジュールを提案し、深層学習に基づいた画像セグメンテーション手法の 3D U-Net に組み込んでいる。Spatially-aware モジュールにより、学習データセットから臓器相対位置を学習可能となる。実験結果より、他の手法と比べて精度よく CT 画像から実質臓器領域を抽出できることを示している。

第5章では、前章までに提案された手法の臨床応用について述べている。腎血管ならびに腎臓領域の抽出結果を用いて、腎機能定量分析、腎腫瘍定量解析、および腎部分切除術計画立案を行う手法を提示している。また、これらの手法によって得られた結果が臨床分野において有用であることを示している。

第6章では、本論文を総括し、今後の課題と展望について述べている。

以上のように、本論文は、CT 画像からの管腔臓器及び実質臓器領域抽出手法、ならびに、そのコンピュータ支援腎臓診断支援システムへの応用について述べたものである。これらは、医用画像診断支援機器へ実装され、その利用を通じた医療技術レベルの向上に寄与すると考える。提案された手法は、他の画像処理分野へも応用できる。これらのことから、王成龍君提出の論文は学術ならびに産業の向上に寄与すると考え、博士（情報科学）の学位論文に相応しいものと判断する。