



Title	AIセグメンテーションによる肝臓の形態解析と体積の経時的変化に関する研究
Author(s)	木村, 理奈
Description	配架番号 : 2987
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(医学)
Dissertation Number	甲第16894号
Issue Date	2026-03-25
DOI	https://doi.org/10.14943/doctoral.k16894
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/99739
Type	doctoral thesis
File Information	KIMURA_Rina_review.pdf, 審査の要旨 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士（医 学） 氏 名 木村 理奈

主査	教授	小野	尚子
審査担当者	副査	教授	武富 紹信
	副査	教授	伊藤 陽一

学 位 論 文 題 名

AI セグメンテーションによる肝臓の形態解析と体積の経時的変化に関する研究
(A Study on Hepatic Morphology and Longitudinal Volume Changes Using AI-Based Segmentation)

本論文は、AI を用いた肝臓セグメンテーションの精度検証と、それを用いた健常および疾患肝における経時的な体積変化の解明を目的とした。研究は、造影 CT の各時相における AI の精度比較（第 1 章）、健常者における加齢に伴う肝体積減少率の算出（第 2 章）、および多時相・多疾患への AI の応用可能性の検討（第 3 章）の 3 部構成で実施された。

審査にあたり、副査の伊藤教授より、第 1 章においてまた、統計手法の妥当性について、一致度の評価にはスピアマンの順位相関係数よりも級内相関係数（ICC）が適切であるとの指摘があり、また、ICC の値が散布図と解離があることを指摘され、申請者は再計算とグラフの修正を行う旨を回答した。また、第 2 章および第 3 章の解析モデルについては、各個人の傾きを単純平均する手法に対し、マルチレベルモデル（混合モデル）の導入が提案された。これにより、個人ごとの初期値や減少スピードのばらつきを許容しつつ、集団全体の平均的な変化率を算出できるだけでなく、赤池情報量基準（AIC）を用いて直線モデルと指数関数モデルの適合度を客観的に比較可能になるとの示唆があった。申請者は、これらの高度な統計手法を JMP 等のソフトを用いて実装し、正常肝の加齢変化と疾患肝の動態をより精密にモデル化すると回答した。さらに造影剤による体積変動が存在しうるため、後期動脈相を“真値”とみなす前提が崩れ、AI 性能が過小評価される可能性があるとして考察への追記が求められた。

主査の小野教授からは、主として結果の可視化、対象集団の妥当性、ならびに臨床的解釈に関する指摘がなされた。まず、AI と放射線科医の一致度を示した ICC の棒グラフについて、縦軸が 0.8～1.0 に限定されており視認性が低く、差の解釈が難しいとの指摘があり、図表表現の再検討が求められた。申請者は図表を訂正することを回答した。次に、臨床現場における肝体積測定の実状について質問があり、申請者は日常診療では AI による自動算出値は参考値に留まり、移植など高精度を要する場面では外科医が手作業で計測している

と説明した。Part2 で用いた健常者データについては、CT 撮像例である以上、真の健常集団とは言い難く、年齢や基礎疾患による選択バイアスの影響を受けている可能性が指摘され、申請者は今後の研究課題であると回答した。また、肝体積が年 1%程度減少するという結果についても、純粋な加齢変化か背景因子の影響か慎重な解釈が必要とされた。申請者は臨床情報を加味した解析の必要性であると回答した。加えて、疾患別解析においては、特にうっ血肝のように治療経過によって肝腫大から萎縮へと変化し得る疾患を一括して解析すると、結果の解釈が困難になる可能性があるとの指摘があった。このため、病態が大きく変動する疾患については解析対象からの除外や層別化を検討すべきであり、申請者は今後、臨床経過や病期を考慮した解析を行う必要性があると回答した。また、Fibroscan との比較を提案され、申請者は今後の有効な検討課題であると回答した。さらに、新規 AI である TotalSegmentator は、筋肉や周囲臓器の誤認が少ない特徴を有することから、第 3 章のみならず、第 2 章で用いた健常者データについても同 AI を用いて再解析することで、より精度の高い結果が得られる可能性が指摘された。申請者は、非造影 CT においても精度が担保されれば解析可能症例数の増加につながり、臨床的・研究的意義が高まるとして、今後の重要な検討課題であると回答した。

さらに副査の武富教授より、後期動脈相で AI と放射線科医の測定値の一致度が最も高かった要因について質問があった。申請者は、非造影では肝臓と周囲臓器（胆嚢、腎臓、消化管）や腹直筋の CT 値が近似し誤認識が生じやすいが、後期動脈相では腎皮質の染まりや筋肉とのコントラストが明瞭になるため、AI の識別精度が向上したと回答した。また、AI の算出値の真の妥当性を検証するため、生体肝移植ドナー等の切除検体における「実測重量」と AI 予測ボリュームの相関を解析すべきとの提案があった。申請者は、実測値との対比こそがゴールドスタンダードであり、今後の研究における極めて有用な検証手段になると回答した。また、第 3 章で使用した「TotalSegmentator」が非造影 CT でも高い精度を維持できる理由について質問があり、申請者は、従来の nnU-Net 技術に加え、膨大な学習データ量により解剖学的特徴の把握能力が飛躍的に向上したためであると回答した。

この論文は、CT での AI セグメンテーションの妥当性と肝臓体積の経時的減少を算出した点において高く評価され、今後の肝疾患の予後評価への応用が期待される。

審査委員一同は、これらの成果を高く評価し、大学院課程における研鑽や取得単位なども併せ、申請者が博士（医学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。