



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Deep-learning-based Canine Liver Segmentation on CT : Baseline Model, Workflow Efficiency, and Quality-Controlled Clinical Application
Author(s)	LEE, Seungyeon
Description	この博士論文の全文は利用可能日以降に公開されます。利用可能日以前の閲覧方法は https://www.lib.hokudai.ac.jp/dissertations/copy-guides/ をご参照ください。
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(獣医学)
Dissertation Number	甲第16943号
Issue Date	2026-03-25
DOI	https://doi.org/10.14943/doctoral.k16943
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/99788
Type	doctoral thesis
File Information	Seungyeon_Lee_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（獣医学）

氏名：LEE Seungyeon

審査委員	主査	教授	木	村	享	史
	副査	教授	滝	口	満	喜
	副査	准教授	中	村	健	介
	副査	助教	新	坊	弦	也

学位論文題名

Deep-learning-based Canine Liver Segmentation on CT: Baseline Model, Workflow Efficiency, and Quality-Controlled Clinical Application

（犬の CT 画像における深層学習に基づく肝臓セグメンテーション：
モデル開発、ワークフロー検証、臨床応用）

犬の肝疾患の診断・治療計画・予後評価において、肝臓の大きさや形態の把握が重要である。特に肝容積は術前計画や術後の肝再生評価などで客観的指標として有用であり、測定にはコンピュータ断層撮影（CT）を用いた容積計測が基準とされている。しかし、肝容積の算出には肝領域の抽出が必要であり、現状では手動セグメンテーションに依存して時間と労力を要するため、臨床現場での効率が課題である。一方、人医領域では深層学習を用いた自動セグメンテーションが急速に普及し、肝臓を含む多くの臓器で高い精度が報告されているが、獣医領域、特に犬の肝臓を対象とした報告はこれまで存在しなかった。さらに臨床現場では、主に右側横臥位の腹部 X 線画像における胃軸の偏位や肝臓長径-第 11 胸椎長比(RLL:T11)といった二次元指標に基づいて肝サイズが評価されており、これらと実際の肝容積の関連も十分に検証されていない。本研究の目的は、犬の CT 画像から肝臓を自動セグメンテーションする深層学習モデルを構築し、その性能を多角的に評価したうえで、臨床応用の方向を模索することである。

第 1 章では、北海道大学動物医療センターで撮影された犬の CT 画像を用い、3D U-Net に基づく肝臓セグメンテーションモデルを構築した。肝腫瘍を含まないデータセットと、肝腫瘍を含む症例を加えた混合データセットで学習・評価を行ったところ、腫瘍を含まないデータセットでは Dice similarity coefficient (DSC) 0.925、Intersection over Union (IoU) 0.863、腫瘍を含む混合データセットでは DSC 0.928、IoU 0.868 と高い一致度を得られ、体重や犬種が多様でも良好に肝臓領域を抽出で

きることが示された。一方、混合データセットのうち肝腫瘤症例に限ると DSC がわずかに低下し、形態が大きく異なる症例では性能が不安定となる傾向も認められた。

第 2 章では、深層学習モデルのワークフロー上の位置付けを検討するため、肝腫瘤の有無各 5 例（計 10 例）で、手動（専門家・非専門家）、全自動、半自動（全自動結果を非専門家が修正）の 4 手法を比較した。能動作業時間（ATT）と全体の処理時間（TTT）を計測したところ、全自動セグメンテーションは手動に比べて、中央値で TTT は約 90 分の 1、ATT は約 200 分の 1 程度まで短縮された。さらに、画像診断医が盲検で質的評価を行った結果、専門家では軽微な末梢欠損が中心であったのに対し、非専門家では広範な欠落や操作由来の不連続がみられた。全自動では、パッチ境界に沿う矩形状の欠損や、隣接臓器の過剰包含が特徴的であった。事前に定めた基準（解剖学的完全性・妥当性・位相学的連続性のいずれにも重大な問題がないこと）に基づくと、臨床的に使用不可と判定されたのは非専門家で 2 例、全自動で 3 例であった。一方、半自動ではこれらの重大な欠損や過剰包含が改善され、全症例で臨床使用可能と判断された。以上より、深層学習モデルは単独で完結させるよりも、最終確認と最小限の修正を前提とした半自動ワークフローとして組み込むことが現実的である。

第 3 章では、第 2 章で確立した半自動ワークフローを用いて、CT と右側横臥位の腹部 X 線画像が 7 日以内に撮影された 57 例を対象に、体重で正規化した肝容積（NLV）と従来の X 線指標（胃軸-椎体角度、胃軸-肋骨角度、RLL:T11）との関係を検討した。いずれの指標も NLV と有意な正の相関を示し、胃軸が尾側へ偏位するほど、また RLL:T11 が大きいほど肝容積が増加する傾向が確認された。しかし決定係数は 0.10～0.17 程度にとどまり、X 線指標のみで肝容積を精密に推定するには限界があることが明らかとなった。従来の X 線指標と NLV に基づく分類の一致率は約 77% であったが、とくに小肝では X 線で過大に判定される傾向がみられ、解釈には慎重さが求められた。

本研究により犬の CT 画像に基づく肝臓セグメンテーションは、人医領域で報告される水準に近い性能を示しつつ、手動作業時間を大幅に短縮し得ることが示された。全自動の抽出結果を出発点に、人が最小限の確認・修正を行う半自動ワークフローは、臨床的妥当性を担保しつつ実用的な効率を達成でき、臨床応用に適した手法と考えられる。今後は複数施設・複数装置データによる検証と、より多様な犬種・体型・病態を含む大規模検討が望まれる。

よって、審査委員一同は、上記学位論文提出者 イ スンヨン氏の学位論文は、北海道大学大学院獣医学院規程第 10 条の規定による本学院の行う学位論文の審査等に合格と認めた。