



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	From Image Preprocessing to 3D Modeling : Deep Learning Approaches for Coronary Artery Analysis [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	李, 彦君
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(保健科学)
Dissertation Number	甲第16334号
Issue Date	2025-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/94965
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Yanjun_Li_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称：博士（保健科学） 氏名：李 彦君

審査委員	主査 教授	神島 保
	副査 教授	小笠原 克彦
	副査 准教授	杉森 博行
	副査	

学位論文題名

From Image Preprocessing to 3D Modeling: Deep Learning Approaches for Coronary Artery Analysis

（深層学習手法を用いた冠動脈解析のための画像前処理から 3D モデリングに関する研究）

当審査は令和 7 年 1 月 22 日実施の公開発表にて行われた。（出席者 20 名）

冠状動脈疾患（Coronary Artery Disease: CAD）は、世界的な心血管疾患による死亡の主要因であり、医療システムへの経済的負担が継続的に増大している。CAD の診断における標準的手法である侵襲的冠動脈造影法（Invasive Coronary Angiography: ICA）は、血管内腔の狭窄度評価において放射線科医の視覚的判断に依存する特徴を有する。このアプローチは診断者間での評価の変動をもたらすだけでなく、ヨード造影剤による造影剤腎症や過敏症などの有害事象リスクを伴う。加えて、血管走行に対する撮影角度の制約、造影剤分布の不均一性、冠状動脈の解剖学的複雑性といった要因が、診断の再現性に影響を及ぼしている。これらの方法論的制約を克服し、医療診断の精度と効率性を向上させるため、ディープラーニング技術の応用が進められている。

本論文は、診断用医用画像の前処理最適化によりディープラーニングネットワークの識別能力を向上させることを目的とし、畳み込みニューラルネットワークと画像処理技術を組み合わせた研究である。また、ディープラーニングネットワークに attention block を実装することで、検出性能の向上を達成した。提案手法は冠状動脈狭窄検出精度の向上を主目的としているが、本手法の臨床応用により救急医療における医療従事者の負担軽減および診療フローの最適化に寄与することが期待される。

学位論文は以下の 2 部で構成されている：

1) 「冠動脈造影画像に対する Hessian ベースの前処理手法」では、画像処理フィルターの一つである Hessian ベースの Frangi vesselness (HFV) フィルターと画像融合技術を統合した前処理パイプラインを開発し、冠状動脈血管の視認性を向上させた。本手法は、冠動脈カテーテル検査における冠動脈造影画像の低コントラストやノイズといった画質劣化要因を抑制し、ディープラーニングモデルの検出精度向上を実現した。YOLOv10-X や RT-DETR R101 などの深層学習における最新の物体検出モデルを用いた定量評価では、AP50 (%) 指標において従来手法と比較して 5% の性

能向上が確認された。また、推論速度の向上を目的とした軽量ネットワークに attention block を実装することで、検出精度を向上させつつハードウェアへの計算負荷を低減した。最適化された結果として、AP50 (%) の検出精度 91.5%、推論時間 3.88ms を達成した。本技術は、従来研究が主として大径血管の検出に焦点を当てていた制約を超え、微小分枝血管の解析を可能とした。これにより、冠動脈狭窄検出のための軽量ディープラーニングネットワークの臨床実装への基盤が形成された。

2) 「ディープラーニングを用いた右冠動脈 (RCA) の自動抽出および 3D 再構築」では、深層学習のネットワークモデルに GhostNet と改良型 attention block を実装したディープラーニングネットワークを導入し、CT 画像から血管の空間的位置関係を考慮した断面抽出の精度を向上させた。抽出された血管断面情報は、初期段階における 3 次元血管構造の生成基盤として活用され、血管狭窄の位置および形状を特定するための視覚化支援処理として機能する。提案ネットワークは、本研究で構築したデータセット上で既存のディープラーニングモデルと比較し、F1 スコア 0.897 を達成した。GhostNet の統合により、処理応答時間やハードウェア・メモリ要件を効率化しつつ検出精度を維持することで、臨床機器への実装に向けた基礎的な検討を行った。

これら二つの研究成果は相互に補完的な関係にある。1) では 2 次元の冠動脈造影画像における血管の検出と狭窄部位の同定を実現し、2) では CT 画像からの 3 次元的な血管構造の把握を可能とした。両者を組み合わせることで、冠動脈疾患の診断支援において、異なるモダリティから得られる情報を統合的に活用する基盤を構築した。特に、両研究に共通する特徴として、計算効率を考慮した軽量なネットワーク設計を採用しており、実臨床での使用に向けた実用性を重視している点が挙げられる。

これを要するに、著者は、ディープラーニング技術を活用した医用画像からの冠動脈狭窄検出において、新たな手法を提案した。提案手法は冠動脈狭窄の初期診断プロセスへの統合において実用的価値を有し、保健科学分野における医用画像の応用に貢献するものである。

よって筆者は、北海道大学博士 (保健科学) の学位を授与される資格あるものと認める。」