

氏 名	ぐえん ごく み NGUYEN NGOC MY
学位(専攻分野)	博 士 (学 術)
学 位 記 番 号	博 1 1 4 0 号
学位授与の日付	令和 6 年 9 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研 究 科 ・ 専 攻	工芸科学研究科 設計工学専攻
学 位 論 文 題 目	Studies on Effective Preparation of Medical Image Dataset for Assisting Machine-Learning-based Computer-Aided Diagnosis (機械学習に基づくコンピュータ支援診断のための医用画像データセットの効率的な作成に関する研究)
審 査 委 員	(主査)准教授 福澤 理行 教授 寶珍 輝尚 教授 水野 修

論文内容の要旨

CT, MRI, 超音波などの医用画像診断の分野では, コンピュータ支援診断 (CAD)への機械学習の応用が急速に進んでいる. モデルの学習には教師データセットの作製が不可欠であるが, 医用画像の場合, 匿名化を医療機関内で完結させた上で, 複数の医師による診断情報をクロスアノテーションとして対応付けさせる必要があること, 画像モダリティや診断目的によって必要な前処理が多様であることの 2 点が効率的なデータセット作製の障壁となっている. そこで, 本論文では, 医用画像の効率的なデータセット作製に特化した画像処理の統合システムを提案する.

提案システムは, 医用画像の匿名化を医療機関内で自動完結可能で, 複数の医師によるクロスアノテーションを累積的に対応付けるモダリティ共通部と, モダリティや診断目的によって最適化された半自動の前処理部から構成される. システムの有効性は, モダリティと診断目的が異なる複数の応用において実験的に調べられた.

MRI 画像からの乳癌検出に関する応用では, 関心領域(ROI)を重畳表示するサムネイルの生成と, Radiomics および尤度特徴量の抽出に関する前処理部が開発された. 各特徴量を用いてボクセル毎の腫瘍予測モデルを試作した結果, 感度 80.4%, F1 スコア 79.5%, 精度 89.7%の性能を示した.

乳癌摘出術に伴う乳房再建術の整容性評価に関する応用では, モダリティ共通部分を用いて 2D/3D 乳房画像の増分匿名化とクロスアノテーションが医療機関内で実現できた. さらに, 2D 乳房画像からのフィンガープリント特徴量および 3D 乳房画像からの幾何特徴量を半自動抽出できる前処理部が実現でき, 一部の特徴量は医師の整容性評価スコアとの相関を示した.

新生児超音波動画画像診断に関する応用では, 超音波プローブ静止シーンの抽出機能が前処理部として開発された. 本機能は, 動画画像の 64 フレーム断片毎に求めた各画素の周波数特徴量とランダムフォレストモデルによって実現され, 特異度 100%における感度が 93%と高い検出性能を示した.

以上の通り，提案システムは，複数の医用画像診断の教師データ作製において有効性が認められた．症例数が限られる特定疾患の画像診断への機械学習の応用に幅広く適用可能と考えられる．

論文審査の結果の要旨

本論文では，機械学習を用いた医用画像診断における教師データセットの効率的な作製に関する画像処理の統合システムを提案している．提案システムは，画像匿名化やクロスアノテーションを扱うモダリティ共通部と，モダリティや診断目的に応じた半自動の前処理部から構成される．モダリティ共通部は再利用が容易で，処理を医療機関内で完結できる点で実用性が高いと考えられる．前処理部は最低限の手作業と自動化スクリプトの組み合わせによって半自動化されているため，特定疾病への新規応用でもデータセット作製効率の向上が期待できると考えられる．

乳癌検出に関する応用では，ROI 重畳表示サムネイルの自動生成によってアノテーション効率が向上された．Radiomics および尤度特徴量抽出によって，画像そのものを入力とする学習モデルに比べて所要症例数を低減できた．乳房再建術の整容性評価に関する応用では，画像の増分匿名化を医療機関内で完結することで症例収集効率が飛躍的に向上された．また，2D/3D 乳房画像からの特徴量抽出によって，症例数が限られる段階でも整容性評価モデルの学習が可能となった．新生児の超音波動画画像診断に関する応用では，超音波プローブ静止シーンの自動抽出機能が開発され，これまで困難であった 1000 症例規模の動画画像アーカイブの後方視解析が可能となった．

以上の通り，本論文の提案手法は，複数のモダリティで教師データセットの効率的な作製に成功しており，症例数が限られる特定疾患の医用画像診断に広く応用可能であるものと評価できる．

本論文は，査読を経た以下に示す 4 編の論文を基礎としており，このうち 3 編は申請者が筆頭著者である．

1. My N. Nguyen, R. Kawamidori, Y. Kitsunozuka, M. Fukuzawa, Discrimination of probe-stabilized scene from neonatal cranial ultrasonic movies by supervised learning for selective detection of pulsatile tissues, Medical Imaging and Information Sciences, Vol. 41 (2), pp. 46-52, 2024, DOI: 10.11318/mii.41.46
2. My N. Nguyen, K. Harada, T. Yoshimoto, N. P. Duong, Y. Sowa, K. Sakai, and M. Fukuzawa, Integrated dataset-preparation system for ML-based medical image diagnosis with high clinical applicability in various modalities and diagnoses, SN Computer Science, Vol. 5:676, 2024, DOI: 10.1007/s42979-024-03025-7
3. My N. Nguyen, R. Kawamidori, Y. Kitsunozuka, and M. Fukuzawa, Retrospective Analysis of a Large-Scale Archive of Ultrasonic Movies for Ischemic Diseases of Neonatal Brain, Proc. of Intelligent Systems and Data Science (ISDS 2023), Communications in Computer and Information Science, Vol. 1949, pp.55-64, 2024, DOI: 10.1007/978-981-99-7649-2_5.

4. K. Harada, T. Yoshimoto, N. P. Duong, My N. Nguyen, Y. Sowa, and M. Fukuzawa, A New Integrated Medical-Image Processing System with High Clinical Applicability for Effective Dataset Preparation in ML-Based Diagnosis, Proc. of Intelligent Systems and Data Science (ISDS 2023), Communications in Computer and Information Science, Vol 1950, pp. 41-50, 2024. DOI: 10.1007/978-981-99-7666-9_4