HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	胃X線画像を用いた機械学習に基づく胃がんリスクの診断支援とその応用に関する研究［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	藤後, 廉
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第13521号
Issue Date	2019-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/74223
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Ren_Togo_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　博士 (情報科学)　氏名　藤後　廉

審査担当者　主　査　教　授　長谷山 美紀
副　査　特任教授　山本 強
副　査　教　授　荒木 健治
副　査　教　授　坂本 雄児
副　査　准教授　小川 貴弘

学位論文題名

胃 X 線画像を用いた機械学習に基づく胃がんリスクの診断支援とその応用に関する研究
（Machine Learning and its Application for Diagnostic Support of Gastric Cancer Risk on X-ray Images）

本論文は, 胃 X 線画像を用いた機械学習に基づく胃がんリスクの診断支援とその応用に関する研究を行い, 成果をまとめたものである.

我が国では 1960 年代から胃がん早期発見を目的とした検診が実施されている. 近年の研究によって, 主な胃がんリスクは Helicobacter pylori (以降,H. pylori) 感染に伴う胃炎であり, 除菌治療によるリスク低減が可能であることが明らかとなった. これを受けて我が国では,2013 年に H. pylori 感染胃炎の診断・治療に対する保険適用が認められ, 胃がんリスクに着目した検診の環境が整いつつある. 現状の胃がんリスク診断では, 医師は血液検査の測定値を参考にするとともに, 画像検査である胃 X 線検査または内視鏡検査により, 胃炎の程度を観察しリスクを診断する. 内視鏡検査は, 胃内部を直接観察可能であり精密検査として優れるものの, 検査に時間を要するため多数の検診が困難であることが課題である. 一方, 胃 X 線検査は, 短時間で多数の検診が可能であり, 胃がんリスクが高く精密検査を必要とする患者を絞り込む役割が期待されている. 医師は X 線画像上の胃粘膜面に H. pylori 感染に固有の炎症を見出すことでリスク診断を行う. この際,2 名以上の医師による読影が原則化されている. しかしながら, 読影に熟練した医師の減少が課題となっており, 医師の負担を軽減しリスク診断効率化を支援する技術の確立は急務である.

医師の診断効率化を実現する有力なアプローチとして, 機械学習に基づく診断支援が考えられ, さまざまな疾患を対象とする研究がなされてきた. この中で, 胃 X 線画像を用いた従来研究では, 胃がんリスクに関連する症状を画像特徴として捉えることで, リスク識別を行う手法が提案されている. 具体的には,X 線画像からリスクの有無に関連する特徴を抽出し, この特徴を用いて識別器を学習することで, 胃がんリスク識別を実現している. しかしながら従来研究では,1) 血液検査の測定値の利用,2) 識別結果の解釈性向上,3) 学習データ数の確保の課題について充分な考慮がなされておらず, 実用化には至っていない. 具体的に, まず課題 1) について, 医師は X 線画像の所見に加え, 血液検査の測定値を参考とした総合的な診断を行うが, 従来研究は主に X 線画像のみを解析対象としており, 血液検査の測定値との関連性が充分に考慮されていない. 次に課題 2) について, 医療現場では, 医師の最終的な診断精度の向上や高リスク患者の見落とし防止による効率化が想定されており, この実現のためには, 医師が解釈可能な形で機械学習による識別結果を提示する必要がある. しかしな

がら従来研究では, 識別器が結果を出力する際に, その過程においてどのような情報に注目し, それらをどの程度考慮することで判断に至ったかを明らかにできず, 得られた識別結果に対する解釈が困難である. 最後に課題 3) について, 従来研究では, 高精度な胃がんリスク識別のためには大量の学習データが必要である. しかしながら, 実際の医療現場では, 各医療施設で撮像機器や症例数が異なることに加え, 個人情報保護の観点から施設間のデータ共有も困難であり, 十分な学習データ数を確保することは容易ではない. このように, 胃 X 線画像を用いた従来研究では, 上記課題が残存しており, この解決により医師の診断効率化の実現が期待できる.

本論文では, 機械学習に基づく胃がんリスクの診断支援において上記課題を解決可能とする手法を提案する. 本論文ではまず, 課題 1) の解決に向け,X 線画像と血液検査の測定値の間に潜在的に共通する関連性を利用した胃がんリスク識別手法を提案する. 本手法では,X 線画像および血液検査の測定値との相関関係を正準相関分析に基づき解析することで, 胃がんリスクに関連の高い新たな画像特徴を抽出する. さらに, この特徴の利用により従来研究と比較して高精度な胃がんリスクの識別が実現されることを示す. 次に, 課題 2) の解決に向け, 機械学習の識別結果に貢献する画像領域 (以降, 重要領域) の可視化手法を提案する. 本手法では, 構築した識別器が結果を出力する際に, 結果に対する信頼性を観察可能な指標として確信度を定義し, これに注目する. さらに,X 線画像内の各小領域の識別結果への貢献度を確信度に基づき算出し, 貢献度の大きさに基づいた重要領域の可視化を行う. これにより, 医師の注目領域と機械学習による重要領域を視覚的に比較することが可能となる. 最後に, 課題 3) の解決に向け, データの分布を学習し, その分布に従って画像を生成可能な画像生成技術の応用について検討する. 本手法では, 限られた学習データから画像生成技術に基づき胃 X 線画像の疑似データ (以降, 生成画像) を生成し, これを利用することで十分な学習データが確保できない場合に生じる問題の解決を試みる. また, 得られた生成画像を学習データとして用いて識別器を構築し, 実際の胃 X 線画像を入力することで, 胃がんリスクの識別性能について評価を行う.

本論文は, 以下のように構成される. 第 1 章では, 本論文の研究背景および目的について述べる. 第 2 章では, 本研究の関連研究として胃 X 線画像を中心とした医用画像解析手法を紹介し, 本論文で解決すべき課題を明らかにする. 第 3 章では, 胃 X 線画像と血液検査の測定値の利用による胃がんリスク識別手法を提案し, 実験によりその有効性を確認する. 第 4 章では機械学習により得られる識別結果に対する確信度を定義し, これを用いて識別結果に対する貢献度を算出する. さらに, 貢献度の大きさに基づき重要領域の可視化手法を提案する. 第 5 章では, 深層学習に基づくリスク識別手法において, 貢献度に基づき胃がんリスクに関連する領域の可視化手法を提案する. 第 6 章では, 限られた枚数の胃 X 線画像から画像生成技術により疑似データを生成する手法を提案し, 生成画像の学習データとしての有用性について検証する. 最後に, 第 7 章において本論文のまとめと今後の課題について述べる.

以上を要約すると, 本論文では, 胃 X 線画像を用いた機械学習に基づく胃がんリスク診断支援とその応用に関する手法についてまとめている. 本論文の貢献は, 現状の機械学習に基づく胃がんリスク診断支援に残存する課題を明らかにし, これを効果的に解決可能とする手法を実現する点にある. また, 実際の胃 X 線画像を用いた評価を行うことで, 手法の有効性検証を行っている. 以上より, 本研究を通じて, 情報科学分野の発展に貢献するところ大なるものがある. よって著者は, 北海道大学博士 (情報科学) の学位を授与されるものと認める.