



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	A Study on Practicality Improvement of Image Recognition Technologies by Mitigation of Label Dependence [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	李, 宗曜
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第15667号
Issue Date	2023-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/90864
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Li_Zongyao_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 (情報科学) 氏名 李 宗曜

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

学位論文題名

A Study on Practicality Improvement of Image Recognition Technologies by Mitigation of Label Dependence

(ラベル依存緩和による画像認識技術の実用性向上に関する研究)

本論文は、画像認識分野における一般的な問題であるラベル付きデータへの依存性に焦点を当て、この問題への解決策に関する技術の構築と研究成果をまとめたものである。

近年、コンピュータビジョン分野では、特に画像分類、物体検出、セグメンテーションといった画像認識タスクにおいて深層学習技術が台頭してきた。しかしながら、深層学習技術を幅広い現実の問題に適用するためには、いくつかの障壁が存在している。その一つとして、ラベル付きデータへの依存性(すなわち、ラベル依存性)が挙げられる。一般に、優れた性能を有する深層学習モデルは、教師あり学習に基づいており、この学習には大量の良質なラベル付きデータが必要となる。一方で、現実問題においては大量のデータを用意することが困難である場合が存在する。例えば、医療分野では、アノテーションには専門的な知識が必要で、大量のラベル付きデータを取得することは困難である。さらに、画像分類よりも複雑な物体検出等のタスクにおいては、アノテーションに多大な労力を要する。したがって、深層学習技術を幅広い現実の問題に適用するためには、ラベル依存性を軽減することが必要である。

本論文では、ラベル依存性を緩和するために、以下に述べる従来研究において残存していた課題を解決可能とする方法論を提案し、これにより優れた性能と実用性の向上を実現する。まず、半教師あり学習については、擬似ラベル学習技術を医療画像における分類タスクに適用し、tri-training 構造を導入することで従来の擬似ラベルが抱える典型的な学習方法の制限を克服し、性能向上を達成する。次に、教師なしドメイン適応について、オブジェクト検出の適応過程に対応可能なメカニズムを提案する。さらに、セグメンテーションタスクについては、1) 擬似ラベルのノイズ、2) 敵対的学習の実行が困難、3) ターゲットドメイン内の多様性、の3つの課題を克服可能とする方法論を構築する。具体的には、最初の問題に対しては、擬似ラベルのノイズを減らすために対称的な敵対的学習構造を提案する。二つ目の問題に対しては、敵対的学習ベースのドメイン適応に代わるものとして、変分オートエンコーダベースのドメイン適応手法を提案する。三つ目の問題に対しては、ターゲットドメインのスタイルの多様性を考慮した新しい概念であるドメイン内スタイル不変表現学習を提案し、これによりターゲットドメインでの一般化を強化する。最後に、モデル不変特徴学習という新たな概念を用いて、セグメンテーションタスクにおける解決策を提案する。さら

に、ラベル空間の要求を緩和するユニオンセットのドメイン適応の問題設定を提案し、この設定に基づいた方法をモデル不変特徴学習に基づいて開発する。上記の問題を解決することにより、本論文はラベル依存性の緩和に向けたより良い結果を実現し、画像認識技術の実用性を向上させる。

本論文の構成は以下の通りである。まず、医用画像と対象として擬似ラベルを活用する **tri-training** 構造に基づく半教師あり学習法を提案する。次に、教師なしドメイン適応に関しては、予測ダイバージェンスマップを生成する画像間変換を活用した物体検出方法を提案する。さらに、教師なしドメイン適応については、以下の三つの方法を提案する。1) 最初の方法では、二つのモデルを敵対的学習に基づきに適応させ、二つのモデル間の予測の一貫性を用いて擬似ラベルノイズを減少させる。2) 二つ目の方法では、変分オートエンコーダに基づき特徴分布を学習し、ターゲットドメインの分布のアライメントを行う。3) 三つ目の方法では、教師無しの画像間変換を用いてドメイン内スタイル多様化画像を生成し、ドメイン内スタイル不変表現を学習する。最後に、セグメンテーションタスクのモデル適応において、二つのマルチソース設定に対して、異なるソースドメインのモデルから類似の分布を持つ特徴を生成することを目指すモデル不変特徴学習に基づく手法を開発する。

本論文は6つの章で構成される。第1章では、本論文の背景と提案を提示する。第2章では、関連研究を紹介し、本論文が解決を目指す問題を明確にする。第3章では、胃 X 線画像を用いた慢性胃炎分類のための半教師あり学習法を提案する。第4章では、物体検出とセグメンテーションタスクの教師なしドメイン適応のためのいくつかの手法を提案する。第5章では、マルチソースモデル適応のための二つの手法を提案する。最終的に、第6章では本論文の結論を述べ、将来の方向性について議論する。

以上を要約すると、本論文ではラベル依存性を緩和するための三つアプローチを提案し、有効性を示した。この貢献は、情報科学分野の発展に寄与するものと認められる。したがって、本論文における著者は、北海道大学博士 (情報科学) の学位を授与される資格を有するものと認める。