

令和 4 年 5 月 27 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K22863

研究課題名（和文）少量学習データに対応可能な機械学習の基盤構築

研究課題名（英文）Machine Learning with Small Data

研究代表者

山崎 俊彦（Yamasaki, Toshihiko）

東京大学・大学院情報理工学系研究科・准教授

研究者番号：70376599

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 5,000,000円

研究成果の概要（和文）： 深層学習は圧倒的な性能を発揮することが知られているが、それは大規模な正解データが入手可能である場合に限られる。裏を返せばそのデータを取得・作成するための時間的・金銭的成本が大きな問題である。物体認識などすでに昔から研究がなされている分野では豊富なデータセットが入手可能である一方、産業界のデータや個人情報絡む医療データなどは大規模な正解データセットを期待できない場合も多い。本研究ではこの問題を解決するために、ドメイン適応、弱/半教師付き学習、Few/Zero-Shot学習、自己教師あり学習、アンバランス学習など少量かつ偏りのあるデータでも学習可能な種々の要素技術を実現した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

前述の通り、深層学習アルゴリズムがその性能を十分に発揮するためには、大規模かつ性格なラベリングがなされた学習データが必要であった。産業応用を考えた場合、新たに大量のデータを収集し、かつそのデータに正解ラベルを付与するコストはあまりにも高い。本研究成果はこの制約を緩和し、少量であったり極端にデータの分布に偏りがあっても正しく学習がなされる種々の要素技術を実現したことにある。我々の技術はすでにくつつかは実サービスに応用されており、社会的にも貢献している。

研究成果の概要（英文）： Deep learning is known for its overwhelming performance, but such high performance can be achieved only when large amounts of correct data are available. On the other hand, the time and financial cost for acquiring and creating such data is a severe problem. While rich data sets are available in fields where research has already been conducted for a long time, such as object recognition, large-scale datasets cannot be expected for industries or medical fields. In order to solve this problem, we have achieved various elemental technologies such as domain adaptation, weak/semi-supervised learning, few/zero-shot learning, self-supervised learning, and unbalanced learning that enable us to obtain robust machine learning models even with small and biased datasets.

研究分野：マルチメディア、コンピュータビジョン

キーワード：少量学習データ ドメイン適応 弱教師付き学習 半教師付き学習 Few-Shot学習 Zero-Shot学習

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

深層学習によって画像・音声・言語など様々な分野で技術革新が起き、学術的に大変な流行を見せているだけでなく、機械学習の産業利用も大幅に進みつつある。しかし、多くの場合その高い性能は予め準備された膨大な学習データがあって初めて実現される。2015年に登場したResNetと呼ばれる深層学習アーキテクチャは、その物体認識能力が人間の認識能力を初めて上回ったとして大変話題になったが、所詮予め定義された1000クラスの認識で上回ったに過ぎない。人間はそれ以外の物体も要易に認識できるのに対し、機械学習器は定義されたクラス以外の物体を認識することはできない。一方で、高々1000クラスと言っても各クラス1000枚の学習データがあるので合計100万枚の学習データが必要となる。100万枚の画像全てに正解ラベルを付与するための時間的・金銭的成本は計り知れない。

実社会の問題では認識・処理したい問題は常に変化し多様であるため、学習データ作成に関するコストが問題となる。さらには、データが希少で大量の学習データを用意できない場合もある。近年、この少量学習データの問題を解決する萌芽的な研究が世界中で議論され始めた(誤解のないように補足しておく、少量データの問題は旧来より議論されているが、深層学習の成功により問題が再定義されつつある)。しかし、機械学習にとってほぼ初めて見るデータに対応しなければならないという本質的な難しさから決定的な技術は未だ提案されていない。当時は以上に述べた技術的背景の元、既存の技術の延長や改良ではなく、抜本的かつ革新的な技術が求められていた。

2. 研究の目的

本研究提案の目的は、少量の学習データしか得られない(もしくは学習データが全くない)状態でも大量の学習データが得られる場合に遜色ない認識・処理が可能な機械学習アルゴリズムを研究・開発することであった。

3. 研究の方法

それぞれの年度において、下記に示すような取り組みを行った。

【2019年度】

弱教師付き物体検出、すなわち画像中に何が写っているかはわかるものの位置を示すバウンディングボックスがないといった問題設定下において、バウンディングボックスの位置を逐次アップデートする手法を確立した。弱教師付き物体検出分野で世界最高性能を実現するとともに、難関国際会議ICCVにて口頭発表した。さらに、ソースコードをオープンソースとして一般公開した。

Few/Zero-Shot学習について、Zero-shot semantic segmentation (意味に基づく画像領域分割)とZero-shot conditional inpainting (画像修復)の2つの課題について取り組んだ。いずれも当該クラスの画像を1度も見たことのない状態で言語など他のドメインから知識を得て処理をおこなうものであり、世界に先駆けた研究の1つとなった。

画像のStyle Transferにおいて、ソースとターゲットで全くペアが存在せずそれぞれ独立にデータが収集された状況でも学習が行えるフレームワークを実現し、大規模主観評価にてその有効性を確認した。難関国際会議AAAIにて発表した。

【2020年度】

画像を別の用途で再利用しようとする、画像中の影領域が問題になることがある。従来の影領域検出・除去の研究では影あり・影なしのペア画像を自前で生成して学習するのが一般的であった。しかし、実世界では2枚の画像を撮影する間にも刻一刻と日照などの撮影状況が変化するし、多くの形状の影を作ってバリエーションをもった影データセットを生成することは極めて困難であり、そのため精度低下が起きていた。この問題に対し、現実に近い影の生成モデルを定義し、CGと画像合成の技法を用いて大量の影あり・影なしのペア画像をメモリ上に生成する手法を考案し、実験の結果世界最高性能の影検出・影除去技術を実現できたことを確認した。研究開発した技術はIEEE TCSVTに掲載されたほか、オープンソースとして一般公開した。

また、映像の検索・認識の課題では、映像特徴表現の学習方法としてこれまでのオプティカルフローが必要な技術に変わる差分フレーム法を提案して超軽量で高精度な処理を実現した。さらに、Inter-intra contrastive learningという新たな自己教師あり学習法を提案し、小さなデータセットを用いたトレーニングで非常に高い検索・認識精度を実現した。

その他、Cycle-consistencyを利用した異モーダルデータに対するステレオマッチングや医療画像認識における精度低下の要因調査など挑戦的な課題に取り組んだ。

【2021 年度】

自己教師あり学習については、Inter-Intra Contrastive Learning という新しい対象学習手法を提案し、映像認識のタスクにおいて従来研究を上回る性能を達成した。また、画像の審美性を評価するタスクにおいて Masked Image Modeling (MiM) をいう手法を利用した自己教師あり学習手法を提案し、優れた性能を実現した。これらの手法により、ラベルがなくとも大量のデータを準備すればある程度の精度をもった認識器を設計できることを示した。

アンバランス学習については、スライドのデザイン良し悪し判定を対象に、データのアンバランスに対応できるロスやサンプリング手法を組み合わせることで 80% 程度の認識性能を実現した。アンバランスな学習データでは学習がうまく進まないなどの指摘がされていたが、対応策を示すことができたと考えている。また、開発した手法はタスクによらず一般的に適用可能なものである。このアルゴリズムについては、企業にライセンス提供を行った。

4. 研究成果

学術的な成果は上記に示した通りである。それ以外に社会的な研究成果を述べていく。

Inter-intra contrastive learning を始めとする映像に対する自己教師あり学習手法は、難関国際会議や論文誌に成果が複数再録され、継続的に引用されるような分野を代表する技術となった。自己教師あり学習は現在でも精力的に研究がなされている一大領域であるため、今後も研究を継続していきたい。

アンバランス学習については、その実用性の高さから実サービスで使われるに至った。具体的には、プレゼンテーショントレーナー(プレトレ)というサービス内のスライドの良し悪しを分析する機能の中で、学習データのアンバランスが大きな問題であったのを本技術が解決した。さらに、まだ内容を公開できないが別の実サービスでも採用が検討されており、研究成果を実社会に還元できている好例と言える。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Hiya Roy, Subhajit Chaudhury, Toshihiko Yamasaki, and Tatsuaki Hashimoto	4. 巻 -
2. 論文標題 Toward Better Planetary Surface Exploration by Mars Orbital Imagery Inpainting	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/JSTARS.2020.3038778	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Satoshi Kosugi and Toshihiko Yamasaki	4. 巻 59
2. 論文標題 Object-aware Instance Labeling for Weakly Supervised Object Detection	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the Imaging Society Japan	6. 最初と最後の頁 585-590
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11370/isj.59.585	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sourav Mishra, Subhajit Chaudhary, Hideaki Imaizumi, and Toshihiko Yamasaki	4. 巻 E104-D
2. 論文標題 Robustness of deep learning models in dermatological evaluation: A critical assessment	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Information & Systems	6. 最初と最後の頁 419-429
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1587/transinf.2020EDP7133	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Naoto Inoue and Toshihiko Yamasaki	4. 巻 -
2. 論文標題 Learning from Synthetic Shadows for Shadow Detection and Removal	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/TCSVT.2020.3047977	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Subhajit Chaudhury and Toshihiko Yamasaki	4. 巻 9
2. 論文標題 Benchmarking robustness in deep learning under adversarial distribution shifts in medical image analysis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 37039-37053
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2021.3062990	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hiya Roy, Subhajit Chaudhury, Toshihiko Yamasaki, and Tatsuaki Hashimoto	4. 巻 30
2. 論文標題 Image Inpainting using Frequency Domain Priors	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 SPIE Journal of Electronic Imaging	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/1.JEI.30.2.023016	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計16件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 15件)

1. 発表者名 Subhajit Chaudhury and Toshihiko Yamasaki
2. 発表標題 Investigating generalization in neural networks under optimally evolved training perturbations
3. 学会等名 The 45th International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Cairong Zhang, Guijin Wang, Xinghao Chen, Pengwei Xie, and Toshihiko Yamasaki
2. 発表標題 Weakly supervised segmentation guided hand pose estimation during interaction with unknown objects
3. 学会等名 The 45th International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Sourav Mishra, Subhajit Chaudhary, Hideaki Imaizumi, and Toshihiko Yamasaki
2. 発表標題 Assessing Robustness of Deep Learning Methods in Dermatological Workflow
3. 学会等名 Workshop of the ACM Conference on Health, Inference, and Learning (CHIL) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Li Tao, Xueting Wang, and Toshihiko Yamasaki
2. 発表標題 Self-supervised Video Representation Learning Using Inter-intra Contrastive Framework
3. 学会等名 the 28th ACM International Conference on Multimedia (MM '20) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Li Tao, Xueting Wang and T. Yamasaki
2. 発表標題 Motion Representation Using Residual Frames with 3D CNN
3. 学会等名 2020 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ryosuke Furuta, Naoaki Noguchi, Xueting Wang, Toshihiko Yamasaki
2. 発表標題 Feature Point Matching in Cross-Spectral Images with Cycle Consistency Learning
3. 学会等名 2020 25th International Conference on Pattern Recognition (ICPR) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Xiao Wang, Zheng Wang, Toshihiko Yamasaki, and Wenjun Zeng
2. 発表標題 Very Important Person Localization in Unconstrained Conditions: A New Benchmark
3. 学会等名 The Thirty-Fifth AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI-21) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Sourav Mishra, Toshihiko Yamasaki, and Hideaki Imaizumi
2. 発表標題 Improving image classifiers for small datasets by learning rate adaptations
3. 学会等名 The 16th International Conference on Machine Vision Applications (MVA) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sourav Mishra, Hideaki Imaizumi, and Toshihiko Yamasaki
2. 発表標題 Interpreting fine-grained dermatological classification by Deep learning
3. 学会等名 ISIC Skin Image Analysis Workshop at CVPR (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shuntaro Miyazato, Xueting WANG, Toshihiko Yamasaki, and Kiyoharu Aizawa
2. 発表標題 Reinforcing the robustness of a deep neural network to adversarial examples by using color quantization of training image data
3. 学会等名 2019 IEEE International Conference on Image (ICIP) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naoki Kato, Toshihiko Yamasaki, and Kiyoharu Aizawa
2. 発表標題 Zero-Shot Semantic Segmentation via Variational Mapping
3. 学会等名 ICCV 2019 Workshop on Multi-Discipline Approach for Learning Concepts - Zero-Shot One-Shot Few-Shot and Beyond (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Satoshi Kosugi, Toshihiko Yamasaki, and Kiyoharu Aizawa
2. 発表標題 Object-aware instance labeling for weakly supervised object detection
3. 学会等名 International Conference on Computer Vision (ICCV) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yiyan Chen, Li Tao, Xueting Wang, and Toshihiko Yamasaki
2. 発表標題 Weakly Supervised Video Summarization by Hierarchical Reinforcement Learning
3. 学会等名 ACMMM Asia (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Satoshi Kosugi and Toshihiko Yamasaki
2. 発表標題 Unpaired Image Enhancement Featuring Reinforcement-Learning-Controlled Image Editing Software
3. 学会等名 The Thirty-Fourth AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sourav Mishra, Subhajit Chaudhary, Hideaki Imaizumi, and Toshihiko Yamasaki
2. 発表標題 Assessing Robustness of Deep Learning Methods in Dermatological Workflow
3. 学会等名 Workshop of the ACM Conference on Health, Inference, and Learning (CHIL) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山崎俊彦
2. 発表標題 情報科学者から見た医療AIの現状と可能性
3. 学会等名 第59回日本核医学会総会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------