

令和 5 年 5 月 26 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19H01115

研究課題名（和文）少数データからの高精度な画像認識アルゴリズムの構築に関する研究

研究課題名（英文）Research on construction of highly accurate image recognition methods from limited supervised data

研究代表者

原田 達也（Harada, Tatsuya）

東京大学・大学院情報理工学系研究科・教授

研究者番号：60345113

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 34,200,000円

研究成果の概要（和文）：近年の深層学習の成功により、画像認識の精度が飛躍的に向上したが、高い認識性能を得るには膨大な数の教師付きデータが必要である。高品質な教師付きデータの作成には、人が手作業で作成する必要があり、大変なコストと労力を割いていることが大きな問題となっている。そこで、本研究では、少数の教師情報しかない状況において、高精度な画像認識モデルを学習する手法の構築を行った。具体的には、限られた教師付きデータを活用して深層学習の識別能力を可能な限り引き出す方法論、異なるドメイン間で知識転移を可能とするドメイン適応手法の構築、効率的な教師データ作成のための能動的情報取得の開発を実施した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現在成功している高精度の画像認識システムは教師あり学習を基盤としているが、大変なコストがかかるため機械学習分野において大問題となっている。さらに、付与するラベルに高度な専門知識を必要とする場合、アノテーションができる人が少数であり、膨大な教師データを作ることが不可能に近い。以上のように、教師データが入手困難な状況は多方面で存在する。従って、少数の教師データから高精度な画像認識モデルを学習するための方法論の実現は、現状の知的なシステムがより汎用的に利用されるための学術的、社会的最重要課題の一つであり、本研究成果はこの問題解決の一翼を担うものである。

研究成果の概要（英文）：Recent successes in deep learning have dramatically improved the accuracy of image recognition but achieving high recognition performance requires a huge amount of supervised data. Generating high-quality supervised data requires a lot of human effort and cost, which is a major problem in machine learning. In this study, we developed a method for learning highly accurate image recognition models with only a small amount of supervised data. Specifically, we developed a methodology to maximize the discriminative power of deep learning by making the most of limited supervised data, a domain adaptation method that enables knowledge transfer between different domains, and active information acquisition for efficient generation of supervised data.

研究分野：知能機械情報学

キーワード：画像認識 機械学習

1. 研究開始当初の背景

現在成功している高精度の画像認識システムは教師あり学習を基盤としている。教師あり学習とは、認識対象画像とそのカテゴリもしくは数値のペアをあらかじめ準備しておき、それらのペア情報から対応関係を学習する方式である。現状で十分な認識精度を得るためには膨大な量の教師ありデータを準備する必要がある。例えば、大規模画像認識コンペティション ILSVRC では、高い認識精度を得るために 120 万枚の教師ありデータを利用している。教師ありデータの作成には、人が画像を実際に見て手作業で正解情報を付与することが一般的である。この作業をマニュアルアノテーションと呼ぶが、付与する画像数が多いこともあり、マニュアルアノテーションには大変な人的、時間的、金銭的コストがかかるため認識モデル作成者にとって大きな負担となっている。画像の物体分類問題であれば、ラベルを付与するだけよいのでまだ負担が少ない方であるが、物体領域をきれいに切り取るセグメンテーション作業であれば、1枚の画像に正解情報を付与するだけでも膨大な時間を要する。

さらに、付与する正解ラベルが「犬」、「人」、「車」のような誰が見ても分かるものであれば、クラウドソーシング等で広くアルバイトを募り膨大な教師付きデータを構築することも金銭的余裕があれば可能である。しかしながら、医療画像などの高度な専門知識を必要とする対象であれば、アノテーションができる人がほとんどいない上に、可能な人であっても往々にして忙しく、膨大な教師データを作ることが不可能に近い状況が一般的である。

以上のように、教師データがほとんど入手できない状況は多方面で存在し、また、入手可能であっても膨大なコストがかかるために、少数データや限られたデータから高精度な画像認識モデルを学習するためのアルゴリズムや理論の構築は、現状の知的なシステムがより汎用的に利用される段階に進むための最重要課題の一つである。

2. 研究の目的

本研究の目的は、少数の教師情報しかない状況において、高精度な画像認識モデルを学習するアルゴリズムの構築である。

近年の深層学習の成功により、画像認識の精度が飛躍的に向上したが、高い認識性能を得るには膨大な数の教師付きデータが必要である。高品質な教師付きデータの作成には、人が手作業で作成する必要があり、大変なコストと労力を割いていることが大きな問題となっている。また、犬や車などの誰でも認識可能な一般的対象であれば、正解を付与する人を集めることが可能であるが、医療画像等の判断に高度な専門知識を必要とする対象であれば、人手による教師データ作成は本質的に困難となる。

そこで本提案では、1) 限られた教師付きデータを最大限活用して深層学習の識別能力を可能な限り引き出す学習理論とアルゴリズム開発、2) シミュレーション等で学習したモデルをドメインの異なる実世界で動作させるためのドメイン適応手法の構築、3) 効率的な教師データ作成のための深層学習に最適な能動学習アルゴリズムの開発、の三つの観点から、この困難な問題に取り組んでいく。

3. 研究の方法

本研究課題では、少数かつ限られたデータから高精度な画像認識モデルの構築を目指し、「研究の目的」で述べた三つのサブテーマに分割して進めていく。ここでは、各項目の詳細な研究方法と計画について述べる。

1) 限られたデータを活用した深層ニューラルネットワークの識別能力を最大化する学習理論とアルゴリズムの開発

本研究の目的は、少数の教師情報しかない状況において、高精度な画像認識モデルを学習するアルゴリズムの構築である。生成モデルを利用することで、今まで観測されていないデータを生み出すことが可能となり、少量の教師信号のみでも高精度の予測モデルが構築できる可能性がある。生成モデルとして、敵対的生成ネットワーク（GAN）を用いた画像生成研究をはじめに実施する。GAN の内部では画像の生成モデルを学習すると同時に画像の分類器を学習することが可能だけでなく、新しく生成した画像を分類器の学習に用いることで学習時の正則化の効果も期待できる。また、二次元画像や点群情報から、変形する対象物体の幾何学的構造やアピアランスなどを計算機内部に正確に再構築する方法論の開発を目指す。これにより実世界に存在する物体の事前知識として活用可能になり、大幅に教師データの数を低減可能である。これに加えて、物体の形を計算機内部で制御できるために将来の動作予測等への応用も期待できる。

2) シミュレーション等で学習した予測モデルをドメインの異なる実世界で的確に動作させるためのドメイン適応のアルゴリズムと理論の構築

本研究では、ソースドメインには教師ありデータが存在し、ターゲットドメインには教師ありデータが存在しない「教師なしドメイン適応」問題の研究を進める。ドメイン適応とは、ソースドメインで学習された分類器を、ドメインの異なるターゲットドメインにおいても性能低下を限りなくなくすように転用させる技術である。これは、ソースとしてはシミュレーション上で大量の教師付きデータが容易に生成でき、ターゲット側は実世界から得られた情報でマニュアルアノテーションが困難な状況を想定したものである。この教師なしドメイン適応において、知識転移の性能向上自体の研究も進めるが、近年のデータプライバシー問題を意識したより実用的な方法論の構築にも取り組む。具体的には、知識転移元のソースドメインのデータなどに直接アクセスすることなく、ターゲットドメインの予測モデルの性能を向上させる手法を開発する。

3) 効率的な教師データ作成のための能動学習

効率的な教師データの作成のために、機械学習モデル自体がユーザに問いかけて知識をためていく新たな方法論の構築を行う。近年の機械学習の進展は、ChatGPT などの高精度な対話モデルを生み出し、機械学習モデルと人間が自然な対話を行うことを可能にしつつある。しかし、実環境において適切な教師データ作成を目的とした能動的な機械学習モデルの実現には、モデル自体が実環境において知らない事象が何であるかを理解すること、知らない事象に対する教師情報獲得のための質問を人間に対して生成すること、人間からの回答を再学習に利用することが重要となる。本課題では、これらの必要項目に関して研究を進めていく。

4. 研究成果

1) 限られたデータを活用した深層ニューラルネットワークの識別能力を最大化する学習理論とアルゴリズムの開発

はじめに、敵対的生成ネットワーク (GAN) の研究成果について述べる。データ中にクラスの重複が生じる場合を想定し、クラスの特異性を制御可能な生成モデルの構築を目的として、クラス区別 (class-distinct) 画像生成とクラス相互 (class-mutual) 画像生成という新たな問題を提起した。この問題を解決するために、本研究では補助分類器敵対的生成ネットワーク (AC-GAN) の生成入力と目的関数を再設計し、追加の教師データや人の手による修正なしにこの問題を解決する classifier's posterior GAN (CP-GAN) と呼ばれる新規手法を開発した [1]。

また、クラス情報にノイズが含まれる場合を想定し、ラベルノイズロバスト敵対的生成ネットワーク (rGANs) と呼ばれる新しい GAN の手法を提案した。特に、AC-GAN とラベルノイズロバスト分類モデルとの橋渡しモデルである rAC-GAN と、条件付敵対的生成ネットワーク (cGAN) の拡張モデルであり、分類器に依存せずにこの問題を解決する reGAN の二つのバリエーションを提案した [2]。

さらに、ノイズにロバストな生成モデルの学習手法の研究を進めた [3]。GAN は、画像の再現性に優れているが、画像劣化があっても学習画像を忠実に再現することができるため、劣化した画像と同じような画像を生成する欠点を持つ。この問題を解決するために、画像の劣化パラメータ (ぼかしカーネルの種類, ノイズ量, 品質係数の値など) を知らなくても、劣化画像から直接きれいな画像生成器を学習できる、ぼかし・ノイズ・圧縮に頑健な敵対的生成ネットワーク (BNCR-GAN) を提案した [4]。

次に、二次元画像や点群情報から、変形する対象物体の幾何学的構造やアピランスなどを計算機内部に正確に再構築する方法論の成果について述べる。はじめに、二次元画像から教師なしで三次元表現を学習する新しい生成モデル RGBD-GAN を提案した [5]。提案手法では、カメラの姿勢や深度などの三次元に関する教師情報がなくても、カメラのパラメータに応じた画像生成や深度画像の生成が可能である。本手法の特徴は、異なるカメラパラメータから生成された二つの RGBD 画像に対し、明示的な三次元一貫性損失を用いている点にある。この損失はシンプルでありながら、カメラパラメータを条件とするあらゆる種類の画像生成に有効である。

また、スパースな複数画像から学習する変形可能な多関節物体の新規三次元表現である Neural Articulated Radiance Field を提案した [6]。近年の三次元陰関数表現の進歩により、複雑な物体のモデルを学習することが可能となったが、姿勢を制御可能な多関節物体の表現を学習することが困難という問題を抱える。この問題の解決に向けて、各三次元点の輝度場を解くために、注目する点に最も関連性の高い物体部分の剛体変換のみを考慮することで、三次元多関節物体の陰関数表現の定式化を行った。提案手法は、微分可能なため姿勢情報が付与された教師画像から学習可能であり、オートエンコーダを用いることで、物体カテゴリの複数インスタンスに渡る外観の変化を学習することができる。

さらにこの研究を進展させ、関節構造が既知で姿勢の教師データが与えられた場合に三次元表現モデルを学習できる手法の制約を緩和したアルゴリズムの構築や時間的に変形する非剛体物体の再構築問題に取り組んだ。具体的には、関節のアノテーションや構造に関する情報などの

教師情報を必要とせず、複数視点から対象物体の動きを観察することにより、未知の多関節物体のアニメーションと構造の両方を学習する Watch It Move と呼ばれる新規手法を構築した[7].

さらに、非剛体物体の時空間再構築を目指して、非剛体点群のレジストレーション手法の開発を行った。未知対象物体の非剛体運動は複雑性が非常に高いため、困難な問題であることが知られている。そこでこの問題を解決するために、複雑な動きを階層的に分解する Neural Deformation Pyramid (NDP) と呼ばれる新規の方法論を提案し、既存の MLP ベースのアプローチと比較して、より高い精度を保ちながら 50 倍高速化することに成功した[8].

2) シミュレーション等で学習した予測モデルをドメインの異なる実世界で的確に動作させるためのドメイン適応のアルゴリズムと理論の構築

知識転移により対象ドメインの教師ラベル量を低減させることを目的として、教師なしドメイン適応 (UDA) の性能向上に取り組んだ。従来の敵対的な学習を利用した UDA 手法は、ドメイン分類器とラベル分類器を別々に学習することが多く、両分類器は互いにほとんど相互作用しない状況であった。本研究ではこの二つの分類器を相互作用させることによって、ドメイン分類器がラベルの判別に重要な特徴により焦点を当てるように訓練させることに成功し、UDA の性能向上を実現した[9].

多くの UDA 手法が開発され、様々なパターン認識タスクにおいて有望な結果を得ているが、既存の手法の多くは、ソースからターゲットドメインに知識を転送する際に、ターゲットドメインで生のソースデータが利用可能であることを前提としている。EU の一般データ保護規則 (GDPR) などのデータプライバシーに関する新たな規制のため、新しいドメインで UDA 手法を適用する場合、ソースデータの利用可能性を保証することはできない。ソースデータの不足は UDA をより困難なものにし、既存の手法の多くはもはや適用できない。この問題を扱うために、本研究では、ソースデータなしの教師なしドメイン適応 (SF-UDA) 問題に取り組んだ。

はじめに SF-UDA 問題を解決するために、学習済みのソースモデルとラベルのないターゲットデータのみを使用するソースデータフリー特徴アライメント (SoFA) 手法を提案した。ソースモデルはターゲットデータのラベルを予測するために用いられ、予測されたクラスから入力データへの生成過程をモデル化し、分布間アライメントのための潜在特徴を推論する。具体的には、予測されたクラスから混合ガウス分布を参照分布として誘導する。そして、変分推論により、エンコードされた対象特徴を参照分布にアライメントし、ソースデータにアクセスすることなくクラスのセマンティクスを抽出する。実験の結果、提案手法はいくつかのデータセット横断的な分類タスクにおいて、既存の手法と比較して同等以上の精度を達成することが示された[10].

また、上記 SF-UDA 研究を押し進め、SF-UDA におけるクロスドメイン表現について分析した。具体的には、ソースデータの代わりに学習済みソースモデルを用いて、ターゲットドメインの予測誤差をバウンドする新しい定理を導出した。この定理に基づき、情報ボトルネック理論が導入され、目標領域予測誤差の汎化上限値を最小化し、ドメイン適応を実現した。この最小化は、新しく開発した潜在的アライメント変分オートエンコーダ (LA-VAE) を用いて変分推論の枠組みで実装される。実験により、ソースデータを使用しない複数のデータセット横断的な分類タスクにおいて、提案手法の良好な性能を示すことが明らかになった[11].

さらに、SF-UDA は、ラベル付けされたソースデータがないため、ターゲットデータに対して信頼性の高いクラス表現を提供することが困難な場合が多い。この問題を解決するために、本研究では Confidence-based Subsets Feature Alignment (CSFA) というアイデアを提案した。CSFA は、対象データを二つのサブセットに分割する。一つ目は、ソースモデルから低エントロピーのクラス予測を持つサンプルからなる確信サブセットであり、二つ目は、そうでないサンプルからなる非信頼サブセットである。確信部分集合の擬似ラベルを用いることで、SF-UDA 問題を Universal Domain Adaptation (UniDA) 問題として捉え、二つの部分集合の特徴分布を揃えることで対象データのクラス表現に信頼性を与えることが可能となる。具体的には、標準的な SF-UDA アルゴリズムと UniDA に着想を得たアルゴリズムを同時に適用し、ドメイン適応過程にクラス表現を注入するマルチタスクフレームワークを提案した[12].

3) 効率的な教師データ作成のための能動学習

効率的な教師データ作成のための能動学習として、本研究では視覚的質問応答 (VQA) と視覚的質問生成 (VQG) の研究を実施した。VQA とは、コンピュータビジョンと自然言語処理の融合により、画像と関連する質問に対して自動的に回答するモデルの構築を行う研究領域であり、一方 VQG は、画像に関連する質問を自動的に生成するタスクである。

既存の VQA 研究の大部分は、データセットに含まれる回答は短く、しばしば単一単語で構成されている。人と機械やエージェントでのやり取りでは、自然な状況での VQA タスクが想定され、回答は単一単語よりもむしろ文である可能性が高い。この自然な VQA と既存の VQA アプローチの間のギャップを埋めるために、回答文章中から教師なしでキーワードを抽出する新規手法を提案した。この方法は、フルセンテンスの回答が、質問に答える新しい情報 (キーワード) を含む部分と、すでに質問に含まれている情報を含む部分に分解できるという原則に基づいている。このような分解を実現するために識別デコーダを設計・実装し、この方法をフルセンテンスの回

答を含むVQAデータセットで検証した。その結果、提案モデルは、キーワードを記述する明示的なアノテーションが与えられていなくても、キーワードを正確に抽出できることが示された[13]。

また、VQAモデルは、実世界の知識に関する推論を必要とする質問に対して、誤った推論を行う傾向がある。最近の研究では、推論問題とともに低レベルの知覚情報を提供する質問でVQAモデルを訓練すると、性能が向上することが示されている。これにヒントを得て、本研究では、正しい推論に有用な補助的知覚情報を積極的に得るための質問を生成する、新しいVQAとVQGの融合モデルを提案した。本モデルは、質問に答えるためのVQAモデル、質問を生成するためのVQGモデル、生成された質問が元の質問に答えるのに有用な情報をどれだけ含んでいるかを推定するための情報スコアモデルから構成される。VQGモデルは、情報スコアモデルが提供する「情報量」を最大化するように学習し、元の質問に対する答えに関する情報をできるだけ多く含む質問を生成する。実験では、生成された質問とその答えを追加情報としてVQAモデルに入力することで、ベースラインモデルよりも正確に答えを予測できることが示された[14]。

さらに、画像理解の高度化のために、画像に映る複数の物体の関係を認識する研究を実施した。最近の関連手法では、画像特徴に意味的特徴や空間的特徴を組み合わせることでこの課題に取り組んでいるが、それら特徴同士の関連付けが弱く、主に画像特徴に含まれる空間的な文脈が失われてしまう欠点を持つ。そこで本研究では、意味的特徴、空間的特徴、および画像特徴を強く関連付けることができる新しいアーキテクチャである「バウンディングボックス・チャンネル」を提案した。提案手法は、物体領域の特徴を効果的に強調し、オブジェクト内の関係をより良くモデル化することが可能である[15]。

<引用文献>

- [1] Takuhiro Kaneko, Yoshitaka Ushiku, Tatsuya Harada. Class-Distinct and Class-Mutual Image Generation with GANs. BMVC2019. (Spotlight)
- [2] Takuhiro Kaneko, Yoshitaka Ushiku, Tatsuya Harada. Label-Noise Robust Generative Adversarial Networks. CVPR2019. (oral)
- [3] Takuhiro Kaneko, Tatsuya Harada. Noise Robust Generative Adversarial Networks. CVPR2020.
- [4] Takuhiro Kaneko, Tatsuya Harada. Blur, Noise, and Compression Robust Generative Adversarial Networks. CVPR2021.
- [5] Atsuhiko Noguchi, Tatsuya Harada. RGBD-GAN: Unsupervised 3D Representation Learning From Natural Image Datasets via RGBD Image Synthesis. ICLR2020.
- [6] Atsuhiko Noguchi, Xiao Sun, Stephen Lin, Tatsuya Harada. Neural Articulated Radiance Field. ICCV2021.
- [7] Atsuhiko Noguchi, Umar Iqbal, Jonathan Tremblay, Tatsuya Harada, Orazio Gallo. Watch It Move: Unsupervised Discovery of 3D Joints for Re-Posing of Articulated Objects. CVPR2022.
- [8] Yang Li, Tatsuya Harada. Non-rigid Point Cloud Registration with Neural Deformation Pyramid. NeurIPS2022.
- [9] Thomas Westfechtel, Hao-Wei Yeh, Qier Meng, Yusuke Mukuta, Tatsuya Harada. Backprop Induced Feature Weighting for Adversarial Domain Adaptation with Iterative Label Distribution Alignment. WACV2023.
- [10] Hao-Wei Yeh, Baoyao Yang, PongChi Yuen, Tatsuya Harada. SoFA: Source-data-free Feature Alignment for Unsupervised Domain Adaptation. WACV2021.
- [11] Baoyao Yang, Hao-Wei Yeh, Tatsuya Harada, Pong C. Yuen. Model-Induced Generalization Error Bound for Information-Theoretic Representation Learning in Source-Data-Free Unsupervised Domain Adaptation. IEEE Transactions on Image Processing. pp.419-432, 2022.
- [12] Hao-Wei Yeh, Thomas Westfechtel, Jia-Bin Huang, Tatsuya Harada. Boosting Source-free Domain Adaptation via Confidence-based Subsets Feature Alignment. ICPR2022.
- [13] Kohei Uehara and Tatsuya Harada. Unsupervised Keyword Extraction for Full-sentence VQA. EMNLP workshop on NLP Beyond Text, 2020.
- [14] Kohei Uehara, Nan Duan, Tatsuya Harada. Learning to Ask Informative Sub-Questions for Visual Question Answering. MULA2022 in conjunction with CVPR2022.
- [15] Sho Inayoshi, Keita Otani, Antonio Tejero de Pablos, Tatsuya Harada. Bounding-box Channels for Visual Relationship Detection. ECCV2020. (spotlight)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計17件（うち査読付論文 16件 / うち国際共著 6件 / うちオープンアクセス 15件）

1. 著者名 Atsuhiko Noguchi, Tatsuya Harada	4. 巻 -
2. 論文標題 RGBD-GAN: Unsupervised 3D Representation Learning From Natural Image Datasets via RGBD Image Synthesis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 2020 International Conference on Learning Representations	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） なし	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 Sho Inayoshi, Keita Otani, Antonio Tejero-de-Pablos, Tatsuya Harada	4. 巻 -
2. 論文標題 Bounding-box Channels for Visual Relationship Detection	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 European Conference on Computer Vision	6. 最初と最後の頁 682-697
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-3-030-58558-7_40	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 Ren Harada, Antonio Tejero-de-Pablos and Tatsuya Harada	4. 巻 -
2. 論文標題 Accurate Parts Visualization for Explaining CNN Reasoning via Semantic Segmentation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The 31st British Machine Vision Conference	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） なし	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 Takuhiro Kaneko, Tatsuya Harada	4. 巻 -
2. 論文標題 Noise Robust Generative Adversarial Networks	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)	6. 最初と最後の頁 8404-8414
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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 Takayuki Hara, Yusuke Mukuta, Tatsuya Harada	4. 巻 -
2. 論文標題 Spherical Image Generation from a Single Image by Considering Scene Symmetry	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Association for the Advancement of Artificial Intelligence (AAAI)	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) なし	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 Takuhiro Kaneko, Yoshitaka Ushiku, Tatsuya Harada	4. 巻 -
2. 論文標題 Label-Noise Robust Generative Adversarial Networks	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The 32nd IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)	6. 最初と最後の頁 2467-2476
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/CVPR.2019.00257	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 Takuhiro Kaneko, Yoshitaka Ushiku, Tatsuya Harada	4. 巻 -
2. 論文標題 Class-Distinct and Class-Mutual Image Generation with GANs	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 30th British Machine Vision Conference (BMVC)	6. 最初と最後の頁 1114-paper
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Takuhiro Kaneko, Tatsuya Harada	4. 巻 -
2. 論文標題 Blur, Noise, and Compression Robust Generative Adversarial Networks	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)	6. 最初と最後の頁 13579-13589
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Atsuhiko Noguchi, Xiao Sun, Stephen Lin, Tatsuya Harada	4. 巻 -
2. 論文標題 Neural Articulated Radiance Field	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Conference on Computer Vision (ICCV)	6. 最初と最後の頁 5762-5772
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 該当する

1. 著者名 Atsuhiko Noguchi, Umar Iqbal, Jonathan Tremblay, Tatsuya Harada, Orazio Gallo	4. 巻 -
2. 論文標題 Watch It Move: Unsupervised Discovery of 3D Joints for Re-Posing of Articulated Objects	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)	6. 最初と最後の頁 3667-3677
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/CVPR52688.2022.00366	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 該当する

1. 著者名 Yang Li, Tatsuya Harada	4. 巻 -
2. 論文標題 Non-rigid Point Cloud Registration with Neural Deformation Pyramid	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Thirty-sixth Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS)	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) なし	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 Thomas Westfechtel, Hao-Wei Yeh, Qier Meng, Yusuke Mukuta, Tatsuya Harada	4. 巻 -
2. 論文標題 Backprop Induced Feature Weighting for Adversarial Domain Adaptation with Iterative Label Distribution Alignment	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV)	6. 最初と最後の頁 392-401
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/WACV56688.2023.00047	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 Hao-Wei Yeh, Baoyao Yang, PongChi Yuen, Tatsuya Harada	4. 巻 -
2. 論文標題 SoFA: Source-data-free Feature Alignment for Unsupervised Domain Adaptation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Winter Conference on Applications of Computer Vision 2021 (WACV)	6. 最初と最後の頁 474-483
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 該当する

1. 著者名 Baoyao Yang, Hao-Wei Yeh, Tatsuya Harada, Pong C. Yuen	4. 巻 31
2. 論文標題 Model-Induced Generalization Error Bound for Information-Theoretic Representation Learning in Source-Data-Free Unsupervised Domain Adaptation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Image Processing	6. 最初と最後の頁 419-432
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TIP.2021.3130530	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 該当する

1. 著者名 Hao-Wei Yeh, Thomas Westfechtel, Jia-Bin Huang, Tatsuya Harada	4. 巻 -
2. 論文標題 Boosting Source-free Domain Adaptation via Confidence-based Subsets Feature Alignment	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 26th International Conference on Pattern Recognition (ICPR)	6. 最初と最後の頁 2857-2863
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICPR56361.2022.9956719	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 該当する

1. 著者名 Kohei Uehara, Nan Duan, Tatsuya Harada	4. 巻 -
2. 論文標題 Learning to Ask Informative Sub-Questions for Visual Question Answering	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 2022 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW)	6. 最初と最後の頁 4680-4689
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/CVPRW56347.2022.00514	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 該当する

1. 著者名 Kohei Uehara and Tatsuya Harada	4. 巻 -
2. 論文標題 Unsupervised Keyword Extraction for Full-sentence VQA	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the First International Workshop on Natural Language Processing Beyond Text	6. 最初と最後の頁 51-59
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18653/v1/2020.nlpbt-1.6	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 -

〔学会発表〕 計3件(うち招待講演 3件/うち国際学会 3件)

1. 発表者名 Tatsuya Harada
2. 発表標題 Visual Recognition from Limited Supervised Data
3. 学会等名 The 11th Asian Conference on Machine Learning (ACML) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tatsuya Harada
2. 発表標題 Domain Adaptation for Object Detection and Generation
3. 学会等名 UK-Japan robotics and AI research collaboration workshops (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tatsuya Harada
2. 発表標題 Learning Deep Neural Networks from Limited Data
3. 学会等名 GPU Technology Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

Tatsuya Harada
<https://www.m.i.t.u-tokyo.ac.jp/harada/>

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
---------	---------