

令和 4 年 6 月 21 日現在

機関番号：32657

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2021

課題番号：19K20299

研究課題名（和文）カテゴリ未学習物体を逐次的に追加学習するための物体検出・追跡手法の開発及び評価

研究課題名（英文）Unknown object detection and its learning

研究代表者

小篠 裕子（Yuko, Ozasa）

東京電機大学・システムデザイン工学部・准教授

研究者番号：20782098

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：機械学習に基づく画像からの物体検出・認識技術が進化し、様々なアプリケーションへの導入が進められている。しかし、機械学習に基づく物体検出・認識技術には、学習させる物体カテゴリ数が増加するほど、学習にかかるハードウェアリソースも時間も多くなるという問題がある。そこで本研究では、必要最低限のカテゴリを学習させた学習モデルを予め用意しておき、未学習カテゴリの物体が検出された際に、その物体を追跡し、収集したデータを用いて新しいカテゴリを追加学習していく画像処理技術の枠組みを提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、必要最低限のカテゴリを学習させた学習モデルを予め用意しておき、未学習カテゴリの物体が検出された際に、その物体を追跡し、収集したデータを用いて新しいカテゴリを追加学習していく画像処理技術の枠組みを提案した。この技術を物体検出・認識が必要となるシステムに組み込むことで、システムは最小限のハードウェアコストで、自律的に未知物体を学習することができるようになる。

研究成果の概要（英文）：We proposed a framework for unknown object learning. When an unknown object is detected, the object is tracked and the training data of the object is automatically collected.

研究分野：コンピュータビジョン

キーワード：未知物体検出

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

機械学習に基づく画像からの物体検出・認識技術が進化し、様々なアプリケーションへの導入が進められている。しかし、機械学習に基づく物体検出・認識技術には、学習させる物体カテゴリ数が増加するほど、学習にかかるハードウェアリソースも時間も多く必要となるという問題がある。

### 2. 研究の目的

本研究では、必要最低限のカテゴリを学習させた学習モデルを予め用意しておき、未学習カテゴリの物体が検出された際に、その物体を追跡し、収集したデータを用いて新しいカテゴリを追加学習していく画像処理技術の枠組みを提案する。

### 3. 研究の方法

計画していた具体的な研究項目は、0. 評価用データセットの構築、1. 物体カテゴリの学習状況に依存しない物体検出、2. 物体カテゴリの未知・既知判定、3. 物体カテゴリ未学習物体の追跡、4. 物体カテゴリ未学習物体の同定、5. 収集データの外れデータ検出、6. 未学習カテゴリの追加学習の7項目である。

以下に各研究項目の流れを説明する。

項目1. まず画像中に存在する物体を検出し、項目2. 各物体画像のカテゴリが既学習か未学習かを判定し、既学習の場合はカテゴリを推定する。項目3. 未学習の場合は対象となる物体を追跡し、物体画像データを収集する。項目4. また別シーンにおいて検出された未学習カテゴリ物体と対象物体が同一であるか判定し、同一であれば同じカテゴリとして収集する。項目5. 収集されたデータ内で外れ値となるデータを除去後、項目6. そのデータ群を新しいカテゴリの学習データとして、追加学習する。

### 4. 研究成果

#### (1) 未知物体検出のためのデータセット構築

未知物体を検出、学習するための手法を開発するための第一歩として、以下の条件を満たすデータセットを構築した。以下条件：複数のカテゴリに属する複数物体が置いてあるシーンが動画で撮影されている；未学習、既学習とみならずカテゴリの種類や数にバリエーションがある；各シーンに置かれている物体数にバリエーションがある；各カテゴリにつき複数のインスタンスが用意されており、インスタンスにおいてオープンな設定ができる；同一の未学習カテゴリ物体が他のシーンにも存在する；未学習としたカテゴリの物体が追加されていくシーンも存在する；シーン毎に全ての物体位置がランダムに変わっている。以上の条件を満たす大量のシーンをロボット台車に設置した RGBD カメラで動画撮影し、三次元画像処理技術を用いることで、効率的に物体位置及びカテゴリを全動画データにアノテーションした。具体的な処理の流れは、シーン毎に撮影した RGBD 動画から三次元点群モデルを構成し、三次元点群に物体のカテゴリをアノテーションした後、その三次元点群を二次元の RGB 動画像にレンダリングすることで物体位置とカテゴリを全データにアノテーションするというものである。最後に誤りがなければ確認し、誤りがあれば手動で修正した。また、物体カテゴリが未知であるか既知であるかによらず、物体を抜けもれなく検出するための手法を提案した。シンプルなアプローチとして、物体検出の際に物体の候補領域を算出する戦略をとる手法である Fast RCNN を用いると、手法中の Non Maximum Suppression による悪影響による未学習物体の検出漏れが起こることを実験により確かめ、研究発表を行った。

#### (2) 未知物体の検出

多くの物体検出の手法では、重複した検出を取り除くために Non-Maximum Suppression (NMS) と呼ばれる後処理を行っている。単純な NMS では重複していない検出が検出結果から取り除かれる場合があり、これを防ぐために様々な NMS の手法が提案されている。しかし、これらの手法は学習データに存在しないクラス(未知クラス)については十分に考慮していない。そこで本研究では、未知クラスの物体が検出結果から外されにくい NMS の手法を提案した。実験では未知クラスを含むデータセットを構築し、提案手法の有効性を検証した。提案手法の具体的な内容を以下に説明する。異なる物体の検出領域が重なり合った場合でも、2つ

の検出領域の特徴ベクトルが異なれば、2つの特徴ベクトルの L1 距離の値は大きくなる。そこで提案手法では、2つの検出領域の IoU に加え、ネットワークを使って抽出した 2つの特徴ベクトルの L1 距離を検出領域の同一物体判定のための指標に用いる。IoU の値が 閾値以上、かつ、評価指標が閾値以上であれば、そのペアを同一物体の検出領域とみなす。特徴ベクトルの L1 距離を用いることで、異なる 2つの物体の検出領域が重なり合った場合でも、それぞれの検出領域の特徴ベクトルの L1 距離の値が大きければ、評価指標の値が小さくなるため、別の物体の検出領域と判断できる。このとき、未知クラスの物体に対しても有効な特徴ベクトルが抽出できていれば、未知クラスの物体の検出領域が誤って検出結果から取り除かれることを防ぐことができる。

### (3)未知物体判定とその応用研究

本研究の副産物として、対象が人物であった場合の研究や、未知物体識別に関する提案手法を別のタスクに適応した新研究を実施し、成果を得ることができた。

人物を対象とした場合の研究の第一歩として、人物検出におけるデータのかさ増し手法の研究を提案した。この内容は査読付き論文誌に採録された。また、外れデータの検出手法を、デジタルなりすまし検出に応用し、計画にはなかった研究成果もあげることができた。本研究内容は IEEE ICIP2021 に採録された。この研究において、導入したハイパースペクトル画像を、他の研究項目においても導入することで、この研究期間が終了後も、さらに新しい研究が生まれることを確信している。

以上

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8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 7件）

1. 著者名 Yoshiaki Homma, Toshiki Kikuchi, and Yuko Ozasa	4. 巻 5
2. 論文標題 Non-Maximum Suppression for Unknown Class Objects using Image Similarity	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proc. of the 16th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications (VISIGRAPP 2021)	6. 最初と最後の頁 444 - 449
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5220/0010240304440449	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 Tomoya Kaichi, Toshiki Kikuchi, and Yuko Ozasa	4. 巻 2
2. 論文標題 Single-Shot Multi-light-Direction Searching on Discretized Lighting Space	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 SN Computer Science	6. 最初と最後の頁 1 - 9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s42979-021-00546-3	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 Toshiki Kikuchi, Yuko Ozasa	4. 巻 7
2. 論文標題 A Model Ensemble Approach for Few-Shot Learning Using Aggregated Classifiers	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IIEEJ transactions on image electronics and visual computing	6. 最初と最後の頁 97-105
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 Oniki Kazumasa, Keio University, Kanagawa, Japan, Kikuchi Toshiki, Ozasa Yuko	4. 巻 9
2. 論文標題 Training Data Generation Based on Observation Probability Density for Human Pose Refinement	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Image and Graphics	6. 最初と最後の頁 50 ~ 54
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18178/joig.9.2.50-54	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 Junkei Okada, Tomoya Kaichi, Yuko Ozasa	4. 巻 -
2. 論文標題 Evaluation of Self-Attention Approach in Hyperspectral Single-Pixel Classification	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proc. of IIEEJ International Conference on Image Electronics and Visual Computing	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 Kaichi Tomoya, Ozasa Yuko	4. 巻 -
2. 論文標題 A Hyperspectral Approach For Unsupervised Spoof Detection With Intra-Sample Distribution	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proc. of IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)	6. 最初と最後の頁 839-843
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICIP42928.2021.9506625	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 岡田純京, 西村仁志, 小篠裕子	4. 巻 -
2. 論文標題 ハイパースペクトルカメラによる物体追跡の問題点に関する考察	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 情報処理学会全国大会論文集	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 無
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 白樫奈々, 鶏内朋也, 小篠裕子	4. 巻 -
2. 論文標題 隠れた物体の反射光による物体推定	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 情報処理学会全国大会論文集	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 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 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Yoshiaki Homma, Toshiki Kikuchi, and Yuko Ozasa
2. 発表標題 Non-Maximum Suppression for Unknown Class Objects using Image Similarity
3. 学会等名 the 16th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications (VISIGRAPP 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 本間 喜明, 菊池俊基, 小篠裕子
2. 発表標題 検出領域の特徴を用いた未知クラス物体のためのNon-Maximum Suppression
3. 学会等名 第22回 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomoya Kaichi and Yuko Ozasa
2. 発表標題 A Hyperspectral Approach for Unsupervised Spoof Detection with Intra-Sample Distribution
3. 学会等名 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Junkei Okada, Tomoya Kaichi, Yuko Ozasa
2. 発表標題 Evaluation of Self-Attention Approach in Hyperspectral Single-Pixel Classification
3. 学会等名 IEEEJ International Conference on Image Electronics and Visual Computing (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡田純京, 西村仁志, 小篠裕子
2. 発表標題 ハイパースペクトルカメラによる物体追跡の問題点に関する考察
3. 学会等名 情報処理学会全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 白樫奈々, 鶏内朋也, 小篠裕子
2. 発表標題 隠れた物体の反射光による物体推定
3. 学会等名 情報処理学会全国大会
4. 発表年 2022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
---------	---------