

令和元年6月9日現在

機関番号：14701

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2017～2018

課題番号：17H06871

研究課題名(和文)環境変動にロバストなディープニューラルネットのための学習データ生成方法の研究

研究課題名(英文) Study of data generation for training robust deep neural network against environmental change

研究代表者

八谷 大岳 (Hachiya, Hirotaka)

和歌山大学・システム工学部・講師

研究者番号：00578908

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、1)見た目が変化する屋外の物体の3次元検出、2)異常データの観測が困難な監視カメラ画像の異常検出を題材に、学習データの自動生成方法および少量データからDeep Netを効率よく学習する方法を検討した。具体的には、1)最先端の物体検出方法に、物体の3次元座標の候補であるアンカーを導入した2.5D Faster R-CNNを提案し、移動ロボットによる特定物体検出等に応用し、その有効性を示した。2)正常データ再現するネットワークを学習し、その再現時にノイズを付加することにより仮想的な異常データを生成する方法Triple GANomariesを提案し、その有効性を実験を通して示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、ディープニューラルネット(以下DNN)は、その認識性能が人間を凌駕しつつあり、世界中で実用化が進められている。しかし、DNNを搭載した製品が運用される多様な環境に対応するため、多様な学習データの整備に多くの企業が追われている。本研究では、限られたデータから特定物体の3次元検出を行うDNNフレームワークおよび観測困難な異常データを仮想的に生成するDNNの学習データ生成フレームワークを検討し、それらの有効性を実験を通して示した。

本研究の成果は、企業が直面している上述したデータ整備問題を緩和するためのフレームワークの一つの実証例として位置づけられており、その社会的意義は大きいと考えられる。

研究成果の概要(英文)：In this research, we studied 1) a single image based 3D object detection method for a specific object the appearance of which is changed in a large variation depending on its environment. 2) automatic data generation method for the anomaly detection where training data for abnormal events are hardly observed.

More concretely, 1) we proposed to extend the state-of-the-art deep learning object detection method, Faster R-CNN by introducing 2.5D anchors which are candidates of the object position in the world coordinate, to enable efficiently training 3D object detection from limited data. We showed the effectiveness of our proposed method, through 3D object detection task in Tsukuba robot navigation challenge and car in public dataset, KITTI.

In addition, 2) we proposed to generate virtual abnormal data by disturbing normal data generator which is realized by encoder-decoder networks and showed the effectiveness of our proposed method, Triple GANomaries, using MNIST and UCSDped dataset.

研究分野：機械学習

キーワード：ディープラーニング 3次元物体検出 データ生成 センサー融合 CG 異常検知

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

近年、ディープニューラルネットワーク(以下、DNN)の発展によりコンピュータの画像認識性能は、人間を凌駕しつつある。現在、日本の各メーカーでは、このDNNを差別化技術とする競争力のある製品の開発を進めている。しかしながら、DNNを搭載した製品が運用されるユーザーの環境は多様であり、開発時には想定していない状況が発生し、DNNの精度が大きく劣化する問題がある。この問題を解決するために、2016年頃から国外の大学および企業にて、CGシミュレーションや画像の合成技術を活用して、DNNの多様な学習データを生成するアプローチが提案されるようになってきた。しかし、これらのアプローチでは、不要なデータも多く生成されてしまい、DNNの学習がかえって困難になる問題も起こり始めている。

### 2. 研究の目的

本研究では、学習データの自動生成方法、および少量のデータからDNNを学習する学習方法の両面から、当該問題を解決するためのDNNのフレームワークを提案し、その有効性と実用性とを、評価することを目的とする。具体的には、以下の2つのDNNの応用事例を題材に研究を進める。

- (1) 自律ロボットナビゲーションの大会である「つくばチャレンジ」における探索対象の特定人物と看板とを対象とした単眼画像のみからの3次元物体検出。ロボットの移動に伴い、当該対象物体は、画像上で向きおよび大きさなどが変化する。また、歩行者の往来に伴い様々な背景および隠れにより、画像上での見え方が大きく変換する。そのため、多様な学習データを要するが、3次元物体検出の場合、対象物体の画像上の物体枠(bounding box)に加え、物体の寸法や向きからなる3D Boxのアノテーションが必要となり、ユーザーのアノテーション負荷が大きい問題がある。
- (2) 監視カメラや製品の外観検査など異常検知。通常時の監視カメラ映像や、正常の製品の画像は容易に多量に入手可能であるが、異常や行動や傷のある製品などの異常事象はほとんど発生しない。そのため、ユーザーは、異常な行動の演技、正常な製品に人為的にキズを付けるなど人為的に異常なデータを作成しなければならず、ユーザーのアノテーション負荷が大きい問題がある。

### 3. 研究の方法

本研究では、研究の目的で上述した題材に合わせて以下の方法で研究を進める

- (1) 自律ロボットナビゲーションの大会であるつくばチャレンジの出場を通し、屋外で多様な見え方が変化する実際の物体の単眼画像のみからの3次元検出を題材に、学習データの生成方法およびDNNのアーキテクチャを工夫した基本フレームワークを構築する。そして、つくばチャレンジで収集した画像データで定量的に評価をするとともに、移動型ロボット上で実装し、つくばチャレンジにてデモンストレーションを行うことにより、その基本フレームワークの有効性を示す。さらに、当該基本フレームワークによる3次元物体の精度をより実用的なレベルに引き上げるために、レーザセンサーとの組み合わせを行い、ロボットナビゲーション分野における最先端の方式と比較し、その有効性を示す。
- (2) 監視カメラの動画からの異常検知を題材にし、正常の学習データに基づき、仮想的な異常データを生成する方法を検討する。そして、公開データを用いて既存の最先端の異常検知方法と精度を比較し、提案方法の有効性を確認する。

### 4. 研究成果

上述した研究の方法に合わせて、研究の成果を説明する。

- (1) つくばチャレンジの特定物体を題材にした単眼カメラ画像からの3次元物体検出  
つくばチャレンジの特定物体の3次元計測を題材に、つくば市内のコースで収集した実際の画像に対し、明度を変えるなどのデータ拡張を行い、CG技術を用いて半自動的にアノテーション付けを行った。そして、最先端の物体検出技術Faster R-CNNに、3次元計測の学習を少ないデータから効率よく行うための、2.5D Boxの候補を導入した2.5D Faster R-CNNを提案した。そして、つくばチャレンジの特定人物のデータを用いて、本提案手法の精度の定量的に評価するとともに、移動ロボット上のGPU組み込みボードJetson TX1上に実装し、ナビゲーションにおけるデモンストレーションを行った。本成果は、ロボティクスシンポジウム(学会発表1-6)および計測自動制御学会システムインテグレーション部門(学会発表1-7)にて報告した。

さらに、提案方法2.5D Faster R-CNNを、自動運転の評価向けの公開データであるKITTIに適用し、公道を走る自動車の3次元位置推定に適用し、その精度を最先端の3次元物体検出方法と定量的に比較し、本提案方法の有効性を示した。その成果は、ROBOMECH Journal(雑誌論文1-2)および国際会議IEEE SMC(学会発表1-2)にて発表した。

また、画像の解像度の限界などから、単眼画像のみからの3次元物体検出の物理的な問題を改善するために、高精度なレーザセンサーと提案方法の2.5D Faster R-CNNとを組み合わせる方法を提案した。具体的には、2.5D CNNの予測結果の分布に基づきレーザセンサーの点群に信頼度重みを付与し、信頼度の重み付き統計を用いて点群データから距離を推

定する方式を独自に提案している。そして、当該方法の有効性を、ロボットナビゲーションにおける最先端の3次元物体検出方法と定量的に比較し、提案方法の有効性を示した。本成果は、計測自動制御学会システムインテグレーション部門(学会発表1-3, 1-4)、計測自動制御学会論文集(雑誌論文1-1)にて報告した。

(2) 監視カメラの動画からの異常検知を題材にした学習データ生成

監視カメラや製品の外観検査では、正常データ時のデータは容易に取得できるが、異常時のデータの取得は困難である。そこで、本研究では、データから特徴量を抽出し、再度、元データに復元するエンコーダー・デコーダネットワークを正常データのみから学習し正常の特徴組み込み空間を獲得する。そして、異常検出器の学習に基づき、当該空間上で正常データにノイズを適応的に付加することにより、復元時に仮想的な異常データを生成する方法を独自に提案した。そして、手書き文字分類のMNISTおよび監視カメラ画像のUCSDpedデータに適用し、最先端の方式と比較することにより、当該提案方法の有効性を示した。本成果は、IBISML2019(学会発表1-1)およびIBIS2018(学会発表1-5)にて発表した。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 2件)

- 八谷大岳、射手矢和真、中村恭之, 3D Faster R-CNN とレーザースキャンとの組み合わせによる特定物体の頑健な距離推定, 計測自動制御学会論文集, 55, pp. 42-50, 2019、査読あり
- Hachiya Hiroataka, Saito Yuki, Iteya Kazuma, Nomura Masaya, Nakamura Takayuki, Distance estimation with 2.5D anchors and its application to robot navigation, ROBOMECH Journal, 5, pp. 1-13, 2018、査読あり

[学会発表](計 7件)

- Hiroataka Hachiya, Triple GANs with adversarial disturbances for discriminative anomaly detection 情報論的学習理論と機械学習研究会 (IBISML2019) 2019、査読なし
- Hiroataka Hachiya, Yuki Saito, Kazuma Iteya, Masaya Nomura, Takayuki Nakamura, 2.5D Faster R-CNN for Distance Estimation, IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC2018), 2018、査読あり
- 射手矢和真, 八谷大岳, 中村恭之, 信頼度重み付きクラスタリングによる2次元測距センサの距離推定の頑健化, 第19回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 2018、査読なし
- 佐々木寛史, 八谷大岳, 2.5D+Orientation アンカーによる物体の距離と向きの推定, 第19回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 2018、査読なし
- Hiroataka Hachiya, Training Discriminative Model for Anomaly Detection through Generative Adversarial Network, 第21回情報論的学習理論ワークショップ (IBIS2018) 2018、査読なし
- 八谷大岳, 斎藤侑輝, 射手矢和真, 野村雅也, 中村恭之, 3D アンカーによる距離推定とロボットナビゲーションへの応用, 第23回ロボティクスシンポジウム, pp. 354-357, 2018、査読あり
- 八谷大岳, 斎藤侑輝, 射手矢和真, 中村恭之, 透視投影アンカーを用いた特定物体の検出および距離推定, 第18回システムインテグレーション部門講演会, pp. 1952-1954, 2017、査読なし

[図書](計 0件)

〔産業財産権〕  
出願状況（計 0 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年：  
国内外の別：

取得状況（計 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

研究分担者氏名：  
ローマ字氏名：  
所属研究機関名：  
部局名：  
職名：  
研究者番号（8桁）：

### (2) 研究協力者

研究協力者氏名：  
ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。