

令和 5 年 6 月 5 日現在

機関番号：32612  
研究種目：基盤研究(B)（一般）  
研究期間：2019～2022  
課題番号：19H04099  
研究課題名（和文）クラウド側とエッジ側機器の動的な協調に基づく自律分散共進化AI基盤技術の研究開発

研究課題名（英文）Research and development of autonomous distributed co-evolutionary AI infrastructure technology based on dynamic coordination between cloud-side and edge-side devices

研究代表者  
中澤 仁（NAKAZAWA, Jin）  
慶應義塾大学・環境情報学部（藤沢）・教授

研究者番号：80365486  
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,610,000円

研究成果の概要（和文）：クラウド側とエッジ側機器の動的な協調に基づく自律分散共進化AI基盤技術を構築した。同基盤技術では、深層学習モデルをエッジ側で駆動して動画画像からリアルタイムに特定の物体を検出し、検出結果を出力可能である。このためにまず知的処理をエッジ側のセンサと計算機内でリアルタイムに自律分散して実行する。また、エッジ側での知的センシングを常に最適な状態に保つために、クラウド側との協調によるエッジ側を最適化する。これらにより、実空間内の多数のエッジ側センサノードが新たなモデルに基づくセンシングを行い、またクラウド側計算機はそのセンシング結果を用いて次世代の学習を行ってその結果をエッジ側へ転移可能となった。

#### 研究成果の学術的意義や社会的意義

多数のセンサを用いて大規模に知的センシングを行う場合、大量のセンサからクラウド側へ画像・音声等のデータを送信することとなり、処理の遅延やパーソナル情報の漏洩等に関する問題が生じる。本研究では、クラウド側とエッジ側機器の動的な協調に基づく自律分散共進化AI基盤技術により、処理遅延の抑制やパーソナル情報のエッジ側機器からの漏洩等の問題を回避できる。また、動的に変化していく実空間、実社会の様相に対応して深層学習モデルを更新し続ける。実社会に存在する大量のIoTと機器をエッジ側機器として活用する柔軟性の高いモデル駆動が可能となった。

研究成果の概要（英文）：Autonomous distributed co-evolutionary AI infrastructure technology based on dynamic coordination between cloud-side and edge-side devices has been developed. This platform technology can detect specific objects from video images in real time by driving deep learning models at the edge and output the detection results. For this purpose, intelligent processing is first performed autonomously and distributed in real time within the sensor and computer on the edge side. In addition, to keep the intelligent sensing at the edge in an optimal state at all times, the edge side is optimized in cooperation with the cloud side. As a result, a large number of sensor nodes at the edge in real space perform sensing based on a new model, and the cloud-side computer can use the sensing results to learn the next generation and transfer the results to the edge side.

研究分野：情報学

キーワード：深層学習 駆動基盤 クラウド エッジ 自律分散 共進化

### 1. 研究開始当初の背景

(1) 実世界において多数のカメラを含む各種のセンサが存在する。そうした大量のセンサからデータを収集することで、移動体を活用した空間網羅性の高いセンシングが可能となる。これに加えて近年では、機械学習、特に深層学習を用いたデータ分析が容易になりつつある。カメラ画像からの物体検出技術をモバイルセンシングと組み合わせることで、画像を用いた実世界のセンシングが可能となっている。

(2) 既存研究ではエッジ側のセンサおよびそれに付随する計算機は実空間からのデータ取得(センシング)のみを行い、データの学習や学習済みモデルを駆動して行う知的処理はクラウド側が行う。従って、多数のセンサを用いて大規模に知的センシングを行う場合、大量のセンサからクラウド側へ画像・音声等のデータを送信することとなり、処理の遅延やパーソナル情報の漏洩等に関する問題が生じる。

### 2. 研究の目的

(1) 本研究では、クラウド側とエッジ側機器の動的な協調に基づく自律分散共進化 AI 基盤技術の構築を目的とする。同基盤技術では、特に本研究では深層学習モデルをエッジ側で駆動して動画像からリアルタイムに特定の物体を検出し、検出結果を出力する手法に取り組む。このためにまず知的処理をエッジ側のセンサと計算機内でリアルタイムに自律分散して実行する。また、エッジ側での知的センシングを常に最適な状態に保つために、クラウド側との協調によるエッジ側の最適化技術を確立する。

(2) これらの技術により、実空間内の多数のエッジ側センサノードが新たなモデルに基づくセンシングを行い、またクラウド側計算機はそのセンシング結果を用いて次世代の学習を行ってその結果をエッジ側へ転移可能となる。結果として、エッジ側とクラウド側の機器同士が共進化する AI 基盤技術が実現する。

### 3. 研究の方法

(1) エッジ側でのリアルタイム知的センシング技術を実現するために、モデルの小型化やパラメータの量子化等による高速化と、時間制約達成状況のモニタリング手法を検討する。エッジ側の最適化技術を実現するために、エッジ側計算機のシステム動的アップデート技術や、多数のエッジ側ノードをクラウド側から適切に動作変更可能とする制御技術を検討する。

(2) 本研究ではこれらの技術の研究開発を「アーバンラボ」、すなわち実際の街で実施する。自治体等が保有する多数の車両にエッジ側リアルタイム知的センシング技術を搭載し、同車両で地域網羅的な知的センシングを行い、そのセンシング結果等を用いて機械学習を行う。数学的理論に基づくモデルの構築と、実世界からのデータ獲得に基づく学習を行うことで、真に実用可能で、実世界の課題解決につながる技術を創造する。

(3) 以下の研究項目を設定して進める。

#### 項目 1 エッジ側でのリアルタイム知的センシング技術

1-1: エッジ側での深層学習駆動高速化技術

1-2: 状況適応的物体検出技術

1-3: 画像からの個人情報除去技術

#### 項目 2 クラウド側との協調によるエッジ側の最適化技術

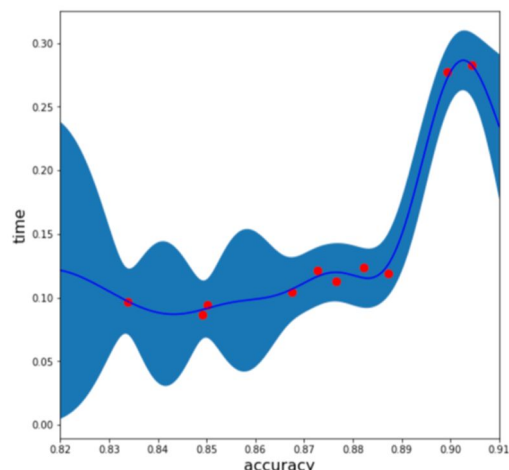
2-1: エッジノード上の機械学習モデル動的更新技術

2-2: 複数エッジノードの半自動的動作変更技術

2-3: クラウドとエッジの連携基盤技術

### 4. 研究成果

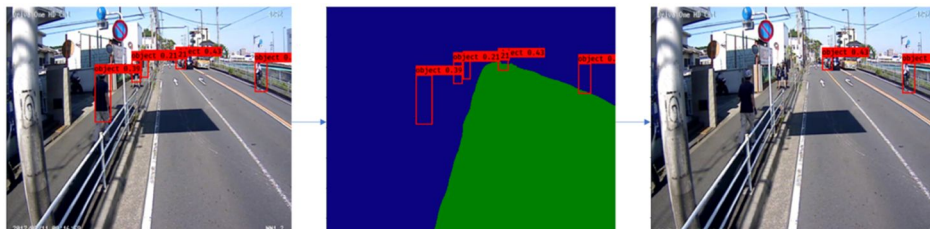
(1) 研究項目 1-1 エッジ側での深層学習駆動高速化技術について、まず、ベイズ最適化と蒸留を用いた最適な圧縮モデル探索手法を確立した。推論速度と精度に最低値を設定した探索や推論速度と精度に比重を置いた探索を行うことを可能とする評価関数を定義し、ベイズ最適化を用いて、推論速度を重視、または精度を重視等の目的に応じた圧縮のための最適な生徒モデルの探索手法を提案し、検証実験を行った。更に、圧縮モデルの推論速度と精度の探索パレート最適解によって得られた、圧縮モデルが達成できる限界値の曲線を可視化した(右図)。



また、速度と精度に加えて消費電力を加え、FBNet の損失関数を改良することにより、特定デバイスに特化した画像分類タスクにおける精度、推論

速度、消費電力を考慮したニューラルネットワーク(NN)の自動構築手法を確立した。目標の正解率に応じて、精度を重要視したNNのアーキテクチャ探索、目標の正解率に応じて精度、推論速度、消費電力の3つのバランスを考慮したNNのアーキテクチャ探索の双方を実現し、これらの提案手法により、目標の正解率を大きく超え、様々な用途に応じたNNモデルを探索により構築可能であることを実験により示した。

(2) 研究項目 1-2 状況適応的物体検出技術について、道路上の異状の中でも、車道上の廃棄物に注目し、車道上の未知の物体を自動で検出するシステムの構築手法を確立した。交通に影響のある車道上の廃棄物などを自動で検出後、通知するシステムを構築し、町全体を日常的に徘徊するゴミ収集車などに設置することで、廃棄物の長期的な放置されることを防ぎ、調査する費用を削減可能である。本研究の手法は複数の機能によって実現する。下に概念図を示す。



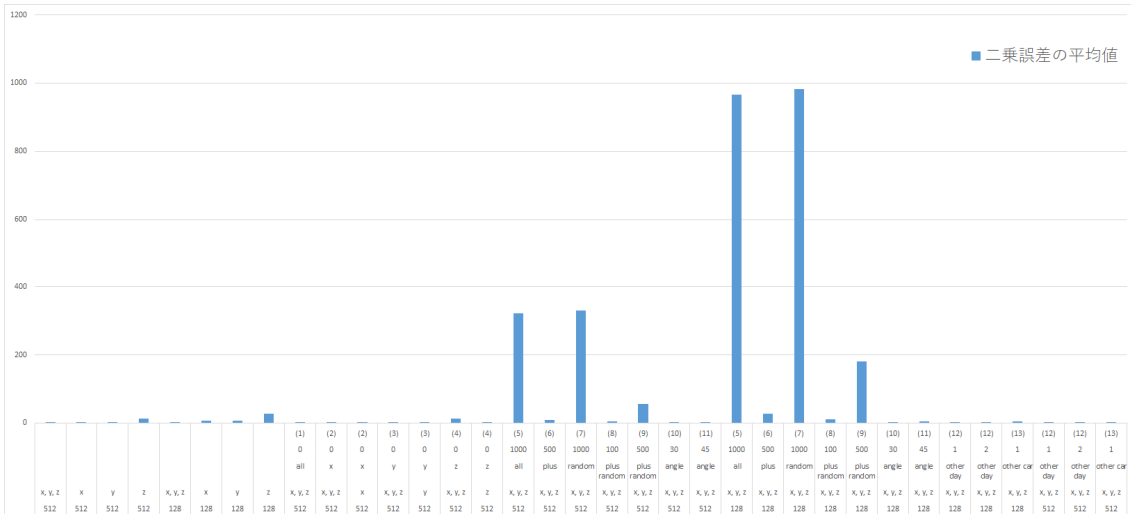
一つ目は、物体と思われるものを全て検出するもの(上記概念図左)であり、学習データに存在しない未知の物体に対しても検出を可能にする。二つ目は、車道上に限定した物体検出を行うために、セマンティックセグメンテーション技術を用いて、全ての物体を無視して車道と思われる領域を予測する(同中央)。物体を検出し、予測された車道領域に含まれない物体を取り除くことで、車道上にのみ存在する物体の検出を可能とする(同右)。上記の提案手法は、領域に限定した未知の物体のデータセットの作成の困難さを回避しているため、容易に実装が可能である。本研究では、各機能と提案手法の性能の評価を独自に作成したデータセットなどを用いて行った。その結果、未知の物体を検出する性能は、mAP0.5では0.720の評価値であり、提案手法の有効性を示した。

(3) 研究項目 1-3 画像からの個人情報除去技術について、映像からプライバシーに関する物体を自動で検出し、映像上から消去する技術を確立した。提案手法では、まず入力画像から深層学習を用いた物体検出技術を用いて、人や車などのプライバシーに関する物体を検出する。そして敵対的学習によりトレーニングされたネットワークで、検出した物体部分の背景を生成し、元の画像に合成する。さらに、自然な背景生成が困難なケースに対応するため、2つのネットワークの接続点に新たなパディング処理を施す手法を提案する。本研究では、実際に記録された都市映像の匿名化実験を行い、複数の指標で映像の自然さを定量的に評価するとともに、匿名化された箇所をマーキングしてもらってユーザ評価実験を、大学生10人を対象として行い、提案手法の有効性を評価した。その結果、画像中に写るプライバシーに関する物体の6割以上を、人間に認識不可能な精度で除去できたことを確認した。

(4) 研究項目 2-1 エッジノード上の機械学習モデル動的更新技術については、本研究遂行上の重要な課題ととらえ、モデル更新のタイミングをとらえるためのデータの変化点検出、データセットのデータ保持容量を保ちながら学習を進めるための容量制御技術、能動学習を用いた効率的なデータ収集方式について検討を行った。

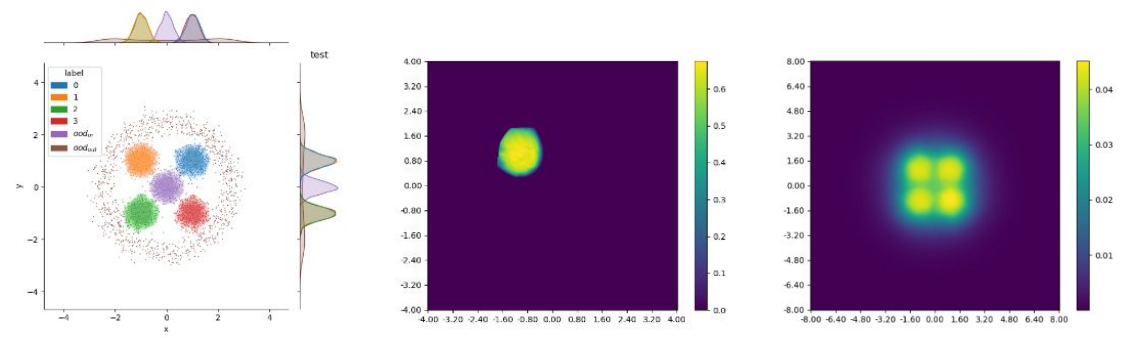
エッジノード上のセンサの故障などによりエッジノード上の学習モデルを変更する必要が出てきた場合でもエッジノードからクラウドにデータを解析した結果のみを送信する場合、クラウドではエッジノードの異常を認識できず誤った結果が蓄積される可能性がある。そのような状況を回避するため、センサノード内で発生している異常をオートエンコーダを用いて検知する手法について検討を行った。ここでは自動車にエッジノードが搭載されており、エッジノード上の3軸加速度センサの異常検出について検討している。まずエッジノードはリソースが限られているので、できるだけサイズが小さいオートエンコーダを用いることが望ましい。オートエンコーダの構造は全結合を想定している。入力ノード数やニューラルネットワークの段数などを変更し、検証を行ったところ、今回の想定では入力ノード数が512で、3軸全ての入力を使用した場合が良い結果を得られることが分かった。更にどのような異常が検出可能であるか検証を行った。その結果、判別可能な異常状態はセンサの値がランダム値になったり、ランダムな値が加算された場合であり、センサの回転などは判別が困難であることが判明した。図中では二乗誤差の平均値が高ければ異常を検知できるが、グラフが高い値を示しているのはランダム値やランダム値が加算された場合のみである。これはオートエンコーダの汎化性能の高さを示している。逆に言えばセンサの回転などの異常はニューラルネットワークの処理の中に吸収できると考えられるため、そのような異常には対応する必要がない可能性があることを示唆している。





また本研究項目を遂行するにあたり、この技術がどのようなアプリケーションに対して使用可能かを検討することが重要であると考えられる。本技術を適用するアプリケーションとして、冷蔵庫の在庫管理やバレーボールの試合の分析など、クラウドに代表されるリッチな計算資源がなく、エッジノードで演算を行う必要があるアプリケーションについて、その演算手法の検討を行った。例えば在庫管理を画像認識を用いて行うにあたり、どのような認識モデルにすればモデルのサイズと認識結果のバランスが妥当になるかを検討するための基本的な実験を行った。

次に、エネルギー関数を用いたより高度な変化点検出にも取り組んだ。更新時を判断するためには、入力データが、機械学習モデルによる処理の対象でない場合を検出する必要がある。そのため、エネルギー関数に基づく確率モデルを用い、モデルとデータのエネルギー関数勾配の差を損失関数にして、学習を行い、モデルの当てはまり度合を確率値で判断して分布外データ検出を行った。下にある左図のような2次元データ点(青、オレンジ、緑、赤の四つが分布内学習データ点、紫、茶の二つが分布外データ点、分布内データのみで学習)では、従来方法は中図のように、分布内データの集まる領域の一つ(オレンジ)しか捉えられないが、提案方法は右図のように、分布内データが集まる四つすべての領域が捉えられ、よりデータ分布に合ったモデル分布が得られた。モデルの当てはまり度合の確率値を色の变化で表している。この低次元データでは、学習データ数が少なくても同様の結果が得られているので、画像データのような高次元でも同様な結果が期待できる。



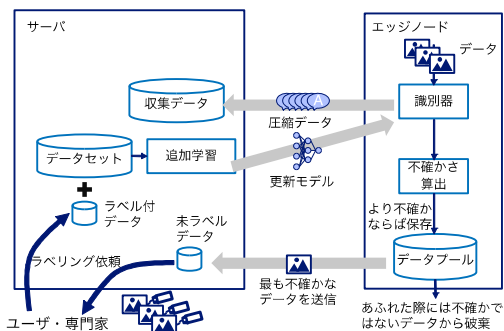
機械学習モデルを継続的に更新しようとするとき、データセットの量が肥大していきってしまうという課題もある。そこで、深層学習を用いた画像分類の継続学習におけるクラス難易度を考慮した容量制御技術を確立した。同技術では、実社会における出力ク

手法	最終精度 (%)	平均精度 (%)	訓練時間 (秒)
naive(mean)	2.57 ± 0.2	7.64 ± 0.11	1654 ± 9
naive(rand)	2.28 ± 0.2	8.32 ± 0.36	<b>1643 ± 6</b>
icarl(mean)	2.04 ± 0.27	9.39 ± 0.6	3144 ± 14
icarl(rand)	6.1 ± 2.12	19.93 ± 1.58	3133 ± 7
cc-replay(mean)	2.39 ± 0.76	9.46 ± 0.5	3176 ± 2
cc-replay(rand)(T = 4.0)	<b>7.02 ± 1.83</b>	<b>20.2 ± 1.04</b>	3069 ± 14

ラスの増加に対応可能な画像分類の実現に向けて、上限の定められたデータ保持容量を効率的に用いる。継続学習の先行研究として、一部のデータをコアデータとして保持して新たに追加された訓練データと併せて再学習を繰り返すリプレイ手法では、保持するデータ数がクラスごとに一定であった。本研究では各クラスの難易度に応じたコアデータの容量制御およびそれを用いた継続学習手法 CC-replay を提案し、限られた容量下でより効率的にリプレイすることを目指す。実験では継続学習の先行研究に倣い、画像分類のベンチマークデータセット 100 のデータを

分割して用い、評価指標として全ステップを通した最終精度、平均精度、訓練時間を記録した。その結果、提案手法 CC-replay を用い、各クラス難易度に応じてコアデータ数を制御することで、各クラス同一数のコアデータ数を保持したりプレイ手法を用いるよりも最終精度、平均精度を高く精度を維持できた。右の表は、CIFAR100-2 においてコアデータ数の上限  $M=2000$  のときの提案手法および比較手法のテストデータセットにおける最終精度、平均精度、訓練時間である。

さらに、エッジノード上の機械学習モデルを継続的に更新するためには、エッジノードで計測したセンサデータに対してラベルを付与し続ける必要がある。しかしエッジノード上で機械学習を行い結果のみをサーバに送信する通信モデルでは、サーバに元のデータが存在しないため、サーバでデータセットを構築することができず、これまでに述べた手法も活用できない。そこで能動学習を用いて機械学習モデルの更新に効果があると予想されるデータを帯域や消費電力上余裕がある際に送信すれば、効率の良いモデル更新が可能となる。



能動学習の代表的なデータ選択法である不確実性サンプリングでは、複数のクラスの予測確率の差が少ないデータは複数クラスの間にあるデータであり、このようなデータに優先的にラベルを付与すればクラスの境界が明確になり識別の精度が向上すると考える。しかし実際のセンサデータに対して実験を行うとクラス間のデータ数の差が大きい場合には、境界にあるデータを選択する際もデータ数が多いクラスのデータを多く選択するため、データ数が少ないクラスの認識精度が悪くなるという課題が見つかった。これに対してデータ数が少ないクラスのデータを優先的に選択する手法について検討を進めた。

(5) 研究項目 2-2 複数エッジノードの半自動的動作変更技術について、従来は個々のエッジノード上の学習モデルの更新はエッジノードを個別に設定する方法を用いていた。しかしエッジノードの個数が多くなった場合、エッジノードを個別に設定することは困難になる。ここでは複数のエッジノードを一つのグループとして設定可能であるようにし、同一グループ内に含まれるエッジノードは同じモデルを用いて更新する手法を実装し、それが有効に動作することを確認した。ただしどのエッジノードを一つのグループとしてまとめるかということについては検討が必要であることが判明した。

(6) 研究項目 2-3 クラウドとエッジの連携基盤技術について、エッジノード上のセンサデータを IoT データリアルタイム流通基盤である SOXFire を用いてクラウド上に流通させることが可能であることを確認した。本科研費の研究を遂行するにあたり、(4) 研究項目 2-1 であるエッジノード上の機械学習モデル動的更新技術が研究項目の中で重要であることが判明したため、研究リソースを 2-1 に集中した結果、本研究項目では流通可能であることを確認しただけにとどまった。しかし当初の目的であるクラウドとエッジで資源を最適に配置する研究は重要であり、今後も継続的に研究を行っていく予定である。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Tomoki Tanimura, Makoto Kawano, Takuro Yonezawa, Jin Nakazawa	4. 巻 60
2. 論文標題 GANonymizer: Image Anonymization Method Using Object Detection and Generative Adversarial Network	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌	6. 最初と最後の頁 1829 - 1844
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 Kishino Yasue, Shirai Yoshinari, Takeuchi Koh, Mizutani Shin, Suyama Takayuki, Naya Futoshi, Ueda Naonori	4. 巻 2022
2. 論文標題 District Characteristics Analysis with Regional Garbage Amount Estimation Using Vehicle-Mounted Motion Sensors	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of 2022 IEEE International Smart Cities Conference (ISC2)	6. 最初と最後の頁 1-7
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/ISC255366.2022.9922487	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 川島寛乃, 河野慎, 大越匡, 中澤仁	4. 巻 掲載予定
2. 論文標題 深層学習を用いた画像分類の継続学習におけるクラス難易度を考慮した容量制御	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 日本ソフトウェア科学会コンピュータソフトウェア論文誌	6. 最初と最後の頁 掲載予定
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 Miku Minami, Hiroo Bekku, Takafumi Kawasaki, Jin Nakazawa	4. 巻 掲載予定
2. 論文標題 Detecting Potholes from Dashboard Camera Images Using Ensemble of Classification Mechanisms	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proceedings of International Conference on Smart Computing (SMARTCOMP)	6. 最初と最後の頁 掲載予定
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 三上 量, 陳 寅, 中澤 仁	4. 巻 61
2. 論文標題 DeepCounter: 深層学習を用いた細粒度なゴミ排出量データ収集手法	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌	6. 最初と最後の頁 36-48
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13件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 嶋田 滉平, 山本 雄平, 須山 敬之
2. 発表標題 物体の誤検出傾向を用いた画像認識による在庫管理システムの開発
3. 学会等名 情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOM02022)シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 下柿元恵斗, 須山敬之
2. 発表標題 物体検出技術を用いたバレーボールの試合分析支援システムの試作
3. 学会等名 マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOM02023)シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 岸野 泰恵, 水谷 伸, 白井 良成, 須山 敬之
2. 発表標題 Human in-the-loop環境センシングの提案と要素技術の検討
3. 学会等名 情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOM02023)シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 久米大雅, 川島寛乃, 別宮広朗, 中澤仁
2. 発表標題 勾配法による蒸留における教師モデル選別
3. 学会等名 人工知能学会全国大会論文集 第 36 回
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川島寛乃, 河野慎, 中澤仁
2. 発表標題 継続学習のクラス増分学習におけるクラス難易度を考慮したリプレイ手法の増加シナリオへの影響
3. 学会等名 人工知能学会全国大会論文集 第 36 回
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 須山 敬之, 水谷 伸, 岸野 泰恵, 白井 良成
2. 発表標題 オートエンコーダを用いたセンサノードの異常検出手法の検討
3. 学会等名 情報処理学会 マルチメディア、分散、協調とモバイル DICOMO 2021 シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 別宮 広朗, 河崎 隆文, 中澤 仁
2. 発表標題 物体検出とセマンティックセグメンテーションによる車道上に限定した未知物体検出手法の提案
3. 学会等名 情報処理学会ユビキタスコンピューティングシステム研究会
4. 発表年 2021年



1. 発表者名 坂内 理人, 中澤 仁
2. 発表標題 物体検出を用いた道路陥没箇所検出モデルにおける合成画像を使用した学習の有効性の検討
3. 学会等名 情報処理学会ユビキタスコンピューティングシステム研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 牧野 青希, 橘 直雪, 大越 匡, 中澤 仁
2. 発表標題 サーバレスシステムにおける応答速度の改善
3. 学会等名 情報処理学会システムソフトウェアとオペレーティングシステム研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 谷村 朋樹, 福原 吉博, 森島 繁生, 片岡 裕雄, 中澤 仁
2. 発表標題 周波数空間を利用した解像度不変の画像修復
3. 学会等名 電子情報通信学会第23回画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 川島寛乃, 河野慎, 熊谷巨, 松井考太, 中澤仁
2. 発表標題 償却推論にもとづいた継続学習
3. 学会等名 人工知能学会 第34回全国大会 (2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 川島 寛, 河野 慎, 松井 考, 熊谷 亘, 中澤 仁
2. 発表標題 Neural Processによる意味的整合性を考慮した文書生成
3. 学会等名 第22回情報論的学習理論ワークショップ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山田 佑, 谷村 朋樹, 中澤 仁
2. 発表標題 CiCADA: 継続的なドメイン適応のための条件付き敵対的学習
3. 学会等名 第22回情報論的学習理論ワークショップ
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
研究 分担者	宮前 泰恵 (岸野泰恵)  (KISHINO Yasue)  (20466410)	日本電信電話株式会社NTTコミュニケーション科学基礎研究所・協創情報研究部・主幹研究員    (94305)	
研究 分担者	須山 敬之  (SUYAMA Takayuki)  (80396134)	大阪工業大学・情報科学部・教授    (34406)	

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			
フランス	Cea Leti			
中国	北京大学			
韓国	延世大学			
ギリシャ	National Technical University of Athens			
英国	Lancaster University			
フランス	CEA			
スペイン	ATOS - Worldline Iberia	TST Sistemas	Ayuntamiento de Santander	
アイルランド	F6S Network Ltd			
ギリシャ	National Technical University of Athens			
フランス	CEA, Leti	ABSISKEY CP		
イタリア	ENGINEERING			
スペイン	WORLDLINE IBERIA SA (WLI)	TST	AYUNTAMIENTO DE SANTANDER (AYTOSAN)	
英国	LANCASTER UNIVERSITY	F6S NETWORK LIMITED (F6S)	BRISTOLISOPEN LIMITED	
ギリシャ	NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS			