

未来社会創造事業 探索加速型
「超スマート社会の実現」領域
終了報告書(探索研究期間)

令和3年度
研究開発終了報告書

令和元年度採択研究開発代表者

[研究開発代表者名：斎藤 英雄]

[慶應義塾大学 理工学部・教授]

[研究開発課題名：分散型匿名化処理によるプライバシープリザーブド AI 基
盤構築]

実施期間：令和元年 11 月 1 日～令和 4 年 3 月 31 日

§ 1. 研究実施体制

(1) 慶大グループ(慶應義塾大学)

① 研究開発代表者: 斎藤 英雄 (慶應義塾大学理工学部、教授)

② 研究項目

- ・画像からのプライバシー性の自動判定と階層的制御技術の調査
- ・画像からのプライバシー性の段階的匿名化のためのメディア処理
- ・視覚障害者等の自立支援のための画像認識・インタラクション技術

(2) 早大グループ(早稲田大学)

① 主たる共同研究者: 森島 繁生 (早稲田大学先進理工学部、教授)

② 研究項目

- ・画像からのプライバシー性の自動判定と階層的制御技術の調査
- ・画像からのプライバシー性の段階的匿名化のためのメディア処理
- ・視覚障害者等の自立支援のための画像認識・インタラクション技術

(3) CMU グループ(カーネギーメロン大学)

① 主たる共同研究者: 浅川 智恵子 (カーネギーメロン大学ロボティクス研究所、IBM 特別功労教授)

② 研究項目

- ・視覚障害者等の自立支援のための画像認識・インタラクション技術

(4) IBM グループ(IBM)

① 主たる共同研究者: 高木 啓伸 (IBM 東京基礎研究所、シニアリサーチャー)

② 研究項目

- ・視覚障害者の行動支援のためのプラットフォーム構築
- ・視覚障害者等の自立支援のための画像認識・インタラクション技術

§2. 研究実施の概要

本研究では、個人が携帯したり体に装着したりするなどして利用するスマートフォンに代表されるようなモバイルデバイスが備える AI (モバイル AI) が更に進化するとともに、それらが接続するネットワークの高速化が更に進み、モバイル AI がクラウド AI や周囲のモバイル AI と連携し、すべてのモバイル AI 利用者がサイバーフィジカル空間を共有しながら新しい情報サービスの恩恵を受けることができるという未来社会を想定する。そして、このような不特定多数のモバイル AI の連携の課題となる プライバシー漏洩問題を解決することを意図して、モバイルデバイスが備えるカメラに撮影される画像のプライバシー保護技術、周囲の状況やユーザの行動をコンピュータビジョンでセンシング・認識する技術と、それらに基づいて適切に ユーザの行動を支援する技術について研究を進めた。

そして、この技術の POC として、実環境で視覚障害者等が自立した社会的行動を自由に行うための支援技術に焦点を絞り、プライバシーを保護しながらこの行動支援に必要な AI 基盤を構築するための技術的課題について調査を行った。

画像のプライバシー保護技術としては、カメラに撮影された顔画像について、顔の属性(性別、髪色など)を保ったまま、その人を匿名化した顔画像に変換する手法の研究を実施した、ここでは、条件付き敵対的生成ネットワークを用いた手法を考案した。本手法は、入力画像の顔の属性を推定し、推定した属性のうち消去したい属性と保存したい属性を選択し、条件付き敵対的生成ネットワークを用い

て保存したい属性を持つ新たな顔画像の生成を行うものである。出力画像に対して属性予測を適用し、入力画像の本物ラベルと比較することで、81.9%の精度で属性が保存されたことを確認した。

周囲の状況やユーザの行動をコンピュータビジョンでセンシング・認識する技術としては、1人称カメラ等を用いて周囲の人々の追跡をする際に、隠れなどによる追跡経路の途切れがあっても、その後の移動経路を予測可能にする新しい機械学習手法を提案した。従来は、このような不完全な移動経路か未来の経路を推定することは困難とされていたが、提案手法では、不完全な観測軌道から軌道を予測するベイジアンフィルターの推論ステップを学習する2ブロックRNNを提案した。また、歩行支援のための路面状態を自動識別手法として、学習時は音と画像のマルチモーダルデータを利用して精度を上げ、推論時はいずれかのセンサデータが欠けても使えるようなシングルモダリティから地面材質のクラスタリングができる手法を提案した。本手法は、車輪が地面を転がる音をマイクロフォンで拾ったデータと、RGBデータを使用しているが、これらに限定されず、さらに多くのセンサデータに応用できる手法となっている。

ユーザの行動を支援する技術としては、視覚障害者が公共の場で歩行する際に、近くの歩行者と衝突等をする事なく安全に歩行を可能にするガイディングシステムを提案した。視覚障害者は、2台のRGBDカメラ、慣性計測ユニット(IMU)センサー、光検出・測距(LiDAR)センサーを搭載したスーツケース型のシステムを持ち歩く。このシステムは、周囲の歩行者の行動を感知して衝突の危険性を予測し、ユーザに警告を発して衝突回避を支援する。盲目の参加者14名を対象に、公共の場でのユーザスタディを行ったところ、参加者はうまく衝突を回避できることがわかった。

さらにエッジAIデバイス上での機械学習・推論技術について調査し、エッジAIデバイスとクラウドAIとの間での機能・役割分担についても検討を行った。また、複数のエッジAIデバイスとクラウドAIが協調して学習を行いながらデータの共有を制限するなどしてプライバシー保護を可能とする連合学習についても研究を実施した。その成果の一つとしては、複数のカメラ付きエッジAIデバイス毎に収集された一人称映像から、それを装着している人の行動を認識する際に、映像データの共有をすることなく連合学習により認識精度を向上させるための研究を行った。

[1] Ryo Fujii, Jayakorn Vongkulbhisal, Ryo Hachiuma; Hideo Saito, A Two-Block RNN-Based Trajectory Prediction From Incomplete Trajectory, IEEE Access, vol. 9, pp. 56140-56151, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3072135.

[2] Reina Ishikawa, Ryo Hachiuma, Hideo Saito, Self-Supervised Audio-Visual Feature Learning for Single-modal Incremental Terrain Type Clustering, IEEE Access, vol. 9, 2021, DOI10.1109/ACCESS.2021.3075582

[3] Seita Kayukawa, Tatsuya Ishihara, Hironobu Takagi, Shigeo Morishima, Chieko Asakawa, Guiding Blind Pedestrians in Public Spaces by Understanding Walking Behavior of Nearby Pedestrians, Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies, Volume 4, Issue 3, September 2020, Article No.: 85, pp 1-22, <https://doi.org/10.1145/3411825>