介護における音響HARと連合学習を用いた異常検知

竹本志恩

June 19, 2025

INIAD

背景と課題

FL と HAR の概要

先行研究サーベイ

提案アプローチ

今後の研究計画

高齢化と介護現場の課題

- 世界的な高齢化の加速と介護人材の深刻な不足
- 高齢者の転倒や容体急変の早期検知ニーズ
- 介護者の負担軽減と入所者の自立支援

プライバシー配慮と非侵襲性の要請

- カメラベース:高精度だがプライバシー侵害の懸念大
- ウェアラブル:装着負担が課題
- 環境音(マイク):非接触・安価・プライバシー保護に有利

背景と課題

FL と HAR の概要

先行研究サーベイ

提案アプローチ

今後の研究計画

HAR (Human Activity Recognition) とは

- 人の活動をセンサーデータから自動認識
- 応用例:転倒検知、スマートホーム、リハビリ支援 など
- センサーモダリティ
 - ・ ウェアラブル (加速度計・ジャイロ)
 - 環境センサー (マイク・PIR・ドアセンサ)
 - カメラ (高精度だがプライバシー懸念)

Federated Learning (FL) の基本とメリット

- ・ データを中央サーバに集約せず、各端末で学習→パラメタを共有
- メリット
 - プライバシー保護:生データはローカルに留まる
 - パーソナライズ:ユーザ/環境ごとに最適化可能
 - データ所有権を維持しつつ大規模協調学習

背景と課題

FL と HAR の概要

先行研究サーベイ

提案アプローチ

今後の研究計画

FL-HAR が直面する主な技術課題

- データ非均一性 (Non-IID)
- ラベル不足・不均衡
- 通信コスト・デバイス異質性

課題と対応技術マトリクス

課題	主な対応策
Non-IID	FedProx, SCAFFOLD, パーソナライズ FL, メタ学習
ラベル不足	合成データ生成, 半教師あり FL, Time-Balanced Fo-
	cal Loss
通信負荷	モデル圧縮・量子化, FedDL (動的レイヤー共有)

セキュリティとマルチラベル異常検知

- プライバシー攻撃対策:差分プライバシー (DP), 準同型暗号, セキュアア グリゲーション
- マルチラベル異常検知の難しさ
 - 極端なクラス不均衡
 - ラベル相関のモデリング
 - 非 IID データ下での複雑モデル学習

背景と課題

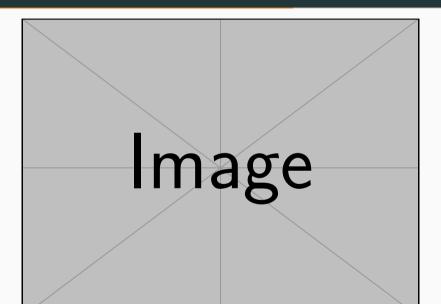
FL と HAR の概要

先行研究サーベイ

提案アプローチ

今後の研究計画

システム全体フロー



モデル設計のポイント

- Hybrid LSTM GRU による時間的特徴抽出
- マルチラベル分類: Time-Balanced Focal Loss
- Non-IID 対策:FedProx, Meta-HAR

プライバシー保護の具体策

- オンデバイスで生音声を保持し、特徴量のみ転送
- 差分プライバシー (DP), セキュアアグリゲーション (SA) の検討

背景と課題

FL と HAR の概要

先行研究サーベイ

提案アプローチ

今後の研究計画

卒業研究段階:基盤技術の確立

- 異常音マルチラベルモデルの構築・定量評価
- データ不均衡対策・Non-IID 対策の比較検証

大学院段階:実用化と拡張

- loT デバイス向け軽量化・連合分割学習 (FSL)
- 時間的文脈を活かした複合異常検知

背景と課題

FL と HAR の概要

先行研究サーベイ

提案アプローチ

今後の研究計画

まとめ

- ◆ 介護現場での音響 HAR × FL はプライバシーと実用性を両立
- マルチラベル異常検知モデルの独自性
- 今後:実環境検証→システム実装へ

ご清聴ありがとうございました/質疑応答

ご質問をどうぞ