

装着型 CO2 センサを用いた人の行動認識手法に関する基礎的検討

高橋 大夢^{†1} 伊藤 優樹^{†1} 阿部 亨^{†1,†2} 菅沼 拓夫^{†1,†2}

^{†1} 東北大学大学院情報科学研究科 ^{†2} 東北大学サイバーサイエンスセンター

1 はじめに

近年様々なセンサを搭載したスマートフォンの普及やセンシングデバイスの小型化・低廉化・高性能化により、屋内の行動認識に関する研究やサービス開発が盛んに行われている。特に屋内で人同士が対面して行う会話行動を認識することは、スマートビルにおける人流計測 [1] やオフィスの占有率や使用率の調査よりもさらに詳細な人の行動分析が可能であり、また昨今の新型コロナウイルス感染症対策における人の密集検知などにも有効であると考えられる。

行動認識の既存研究には、プライバシーに関する課題と人の位置の制約に関する課題があると考えられる。行動認識に用いられるカメラやマイクは、個人の詳細な行動や会話内容などを計測できる利点があるが、プライバシーを含む情報であるため、取り扱いや管理が困難であると言える。また、デバイスを屋内に固定設置して利用するものがほとんどであるため、検出可能な人の位置に制約があることも課題として挙げられる。

そこで本研究では前述したプライバシーに関する課題を解決するためにプライバシーを含まない二酸化炭素 (CO2) 濃度を利用し、人の位置に関する課題を解決するために対象者に装着して使用する CO2 センサを内蔵した装着型デバイスを利用した行動認識手法を提案する。本発表では、CO2 濃度を利用した会話状況の推定に関する基礎的検討について述べる。

2 関連研究と課題

建物内での会話などの行動認識手法は、直接測定と間接測定の二種類に大別される。

直接測定の例としては、カメラの映像情報 [2] や LiDAR を用いて、直接人を検出するものがある。直接測定のメリットとしては、測定を行いたい場所にデバイスを配置し、対象を含む環境を測定するため測定の精度が高く、個人の詳細な行動が詳細に測定可能である点である。しかし、得られる情報がプライバシーを含む情報であるため、情報の取り扱いや管理が難しいことやセンサが固定設置型であることがほとんどであるため、検出可能な人の位置に制約があるといったデメリットがある。

他方、間接測定の例としてはマイクから得られる音声情報 [3] や対象者が持つデバイスの電波信号を利用する方法、室内の CO2 濃度などを利用 [1] して間接的に人を検出する方法がある。間接測定のメリットは、音声情報に関しては、音量レベルのみを扱うことで、プライバシーに配慮したシステム構築が可能である。また、CO2 濃度や Wi-Fi などの電波信号を用いる場合も同様に、直接測定と比較してプライバシーに関する懸念を軽減することが可能であるといえる。しかし、デメリットとしてこれらの手法は間接的に人の動きを測定するため、直接測定と比較して精度が低下する。

3 提案

本研究では前述した課題を解決するために、間接測定に分類される CO2 濃度を用いた推定を行う、CO2 センサを内蔵した装着型デバイスを利用した行動認識手法を提案する。

CO2 濃度を選定した理由として、他の手法と比較して人間の存在や状態を反映しつつ、周囲の環境に左右されにくいいため、プライバシーを適度に保護可能であると考えたためである。また、装着型のデバイスは、固定設置型のセンサの問題であった人の位置に関する制約を緩和できると考える。提案するシステムの概要を図 1 に示す。

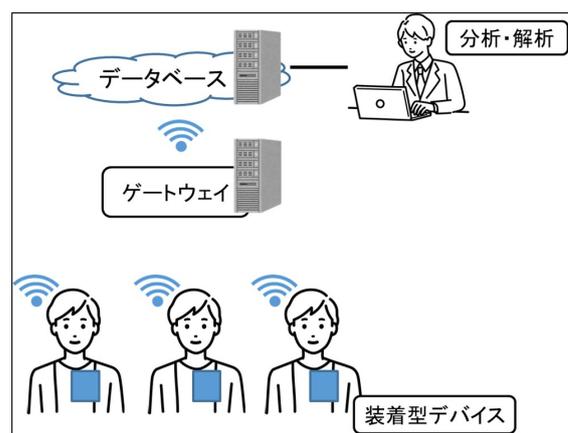


図 1: 提案システムのイメージ図

装着型デバイスは CO2 センサとマイコンで構成され、CO2 濃度を収集した後、無線でゲートウェイに送信する。ゲートウェイでは各デバイスから送信されたデータを収集し、4G や Wi-Fi などの回線を経由して DB サーバに送信する。その後、収集

A Basic Study of Human Behavior Recognition Methods Using Wearable CO2 Sensors
Hiromu TAKAHASHI^{†1}, Yuki ITO^{†1}, Toru ABE^{†1,†2}, and Takuo SUGANUMA^{†1,†2}

^{†1} Graduate School of Information Sciences, Tohoku University

^{†2} Cyberscience Center, Tohoku University

したデータを蓄積し、会話状況の推定や室内における CO2 濃度分布推定などを行う。

4 実装

作成した装着型デバイスの試作品を図 2 に示す。装着型デバイスは Lazurite と呼ばれるマイコンと ELT SENSOR 社の CO2 センサである S-300L-3V で構成される。デバイス全体の大きさは高さ 53 mm・幅 105 mm・厚さ 34 mm となった。今後は Lazurite mini と呼ばれる小型のマイコンを使用し、デバイスの小型化を図ることや電源としてリポバッテリーを利用することなどを検討している。

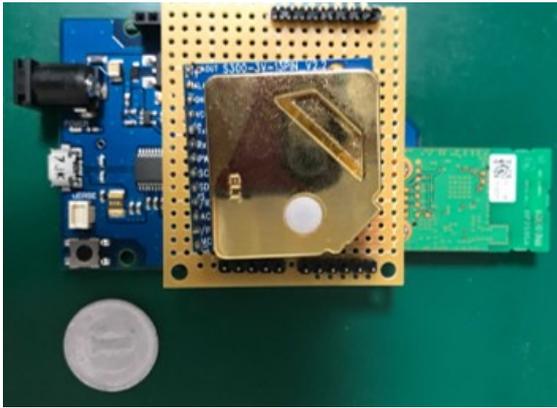


図 2: 装着型デバイスの試作品

次にデバイスから送信されるデータに関して述べる。デバイスの送信周期は今回使用した CO2 センサの測定周期が 3 秒おきのため、送信周期を 3 秒に設定した。送信データは CO2 濃度だけでなく、データ平均数、3 点移動平均、1 分間の CO2 濃度平均、1 つ前の CO2 濃度との差分、分散、偏差を選定した。また、これらの指標は装着型デバイス内で計算することとした。消費電流に関しては、USB マルチテスタを使用して測定したところ、39 mA であった。このため 2000 mAh のリポバッテリーで最大 51 時間の動作が可能である。

5 動作実験

作成した装着型デバイスを用いた基礎実験を実施した。実験の対象者は 2 名とし、対象者の胸元に装着型デバイスを着用した上で対面形式での会話を実施した。会話としては、片方の話者が発話中はもう一方の話者は相槌を打つ程度を想定し、日常会話程度の音量で会話することとした。また話者間の距離は約 50 cm とし、マスクを着用した場合とマスクを着用しない場合についても測定を行った。準備期間に関しては会話をしない期間としている。実験結果を図 3 に示す。

実験結果の考察は、準備期間、会話期間 (マスク非着用)、会話期間 (マスク着用) の 3 区間に分けて行う。まず準備期間に関しては、実験の想定では会話をしないため、CO2 濃度分布に変化がないことが予想されたが、CO2 濃度は上昇していることがグラフからわかる。これは、下を向いて本を読んだ

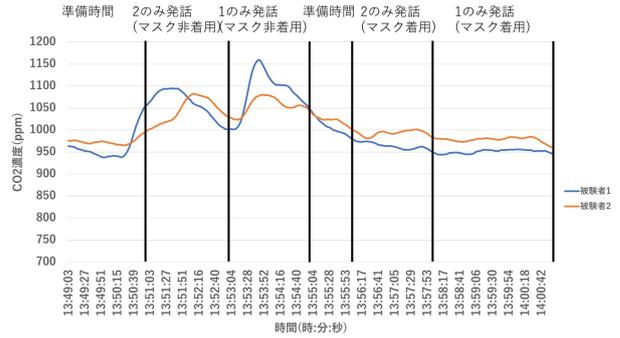


図 3: 会話実験結果 (CO2 濃度)

り、携帯を見るなどのセンサに向かって呼吸を行う行動に起因していると考えられ、会話以外でも CO2 濃度が上昇することが検出されるということが分かった。次に会話期間 (マスク非着用) に関しては、グラフから、会話の音量や会話の向きによって CO2 濃度の最大値に差が出ることがわかる。また被験者 2 のみが発話する期間では、被験者間で近い CO2 濃度を記録した。最後に会話期間 (マスク着用) に関しては、グラフから、マスクを着用すると話者が排出する CO2 を補足することができないため、会話を検知することが困難であることがわかった。

6 おわりに

本稿では屋内で人同士が対面して行う会話などの行動認識を目的として、課題であるプライバシーの問題や人の位置に関する制約を解決するために、CO2 センサを内蔵した装着型デバイスを利用した行動認識手法を提案した。また作製した装着型デバイスの試作品を用いた基礎実験を実施した。今後は他の CO2 センサを使って同様の試作品を作成し、比較実験を行うことで実現可能性に関して検討を行う。また、他のセンサと組み合わせることで会話検知の精度向上を図る。

参考文献

- [1] 角田啓介ほか: 時間窓可変型局所モデル構築に基づく CO2 濃度からの滞在人流の推定, マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム (DICOMO2020), pp.259-266 (2020).
- [2] Teixeira, T. and Savvides, A.: Lightweight people counting and localizing for easily deployable indoors wsns, *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, Vol.2, No.4, pp.493-502 (2008).
- [3] 伊藤優樹ほか: 対話型コミュニケーション状況把握のための行動認識センサにおける発話状況収集機能の評価, 第 28 回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ (DPSWS2020), pp.257-261 (2020).