

バス車内の幼児置き去り対策支援システム

和仁隆宏^{†1} 湯浅太貴^{†1} 爰川知宏^{†1} 武本充治^{†1}

概要： 昨今、保育園や幼稚園の送迎バスにおいて幼児の車内への置き去り事故が問題となっている。乗務員に対する注意喚起だけでは限界があり、システムによる補助の必要性が議論されている。本研究では、そのような事故を減らすために、安価で高精度な置き去り対策支援システムの構築に取り組んでいる。その制作プロセスの初期段階として、入手が容易なセンサーを用いて人物検知の基本的動作の確認を行ったので報告する。

1. はじめに

昨今、保育園や幼稚園などの幼児の送迎バスにおいて、幼児が車内に置き去りにされ、放置、死亡してしまうという事故が複数回発生している。こうした事故が発生するのは、乗務員が最後に車内確認を十分に行わないことが一番大きな要因と考えられる。乗務員への注意喚起や教育、マニュアルの整備と言った人的な対応だけに頼るのは限界があり、確認作業をシステム化することで車内の置き去りをいち早く検知し、緊急時と判断されれば自動で外部に通報することによって、こうした悲しい事故を減らすことを考えた。

全国に数多くある保育園や幼稚園にこうしたシステムを導入しやすくするために、本研究では、できる限り安価で簡易的なシステムを用いて、車内に閉じ込められた人物を検知する方法を検討する。そのために、人物検知に最適なセンサーの組み合わせについても調査を実施する。

実際の送迎バスを使用しての、検証は困難であるため、最初のステップとして、バス車内と似た環境を用意し、実際に人物を検知できるかを検証する。本稿の構成は次の通りである。2章で関連研究について述べ、第3章ではシステム概要・システム構成について述べる。第4章では実験方法・結果、第5章では、まとめを述べる。

2. 関連研究

車内置き去り防止を目指した市中製品はいくつかあり、株式会社TCIより販売されている「SOS-001」[1]や三洋貿易株式会社が2023年販売予定の車内置き去り防止センサー[2]などが存在する。こうした既存製品を人物の判定の種類ごとに分けると次の3種類がある。

1. 人工知能を使用し人物を検知、警報を鳴らす
2. 天井にセンサーをつけ、反応があれば通知する
3. エンジン停止後ブザーがなり、手動で止める

いずれの製品も高精度に取り残されてしまった人物を検知できることを謳っているものの、特に予算や人員の余裕に乏しい小規模な保育園や幼稚園にとって導入コストが非常に大きな問題となる。そこで本研究では、身近で手に入り

やすい安価なセンサーを用いて、低コストで置き去り検知を実現するための方法を提案する。

3. システム概要・システム構成

システムの全体像は、図1に示す。

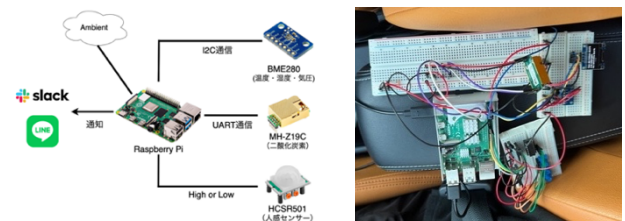


図1 システム全体像（左：全体図 右：実際の配線）

本システムでは、二酸化炭素（CO2）濃度、湿度、温度、気圧、赤外線（人感）の計5種類のセンサーを用いてデータ取得を試みた。

各センサーの概要、参考価格は表1に示す。また、センサーとマイコンの配線は図2に示す。

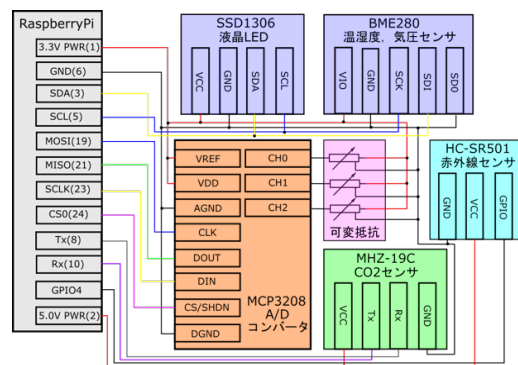


図2 システム配線図

表1 各種センサー詳細

型番	測定種別	通信方式	参考価格
BME280	温湿度、気圧	I2C 通信	¥1,650
MH-Z19C	CO2 濃度	UART 通信	¥2,480
HCSR501	赤外線(人感)	High or Low	¥199

^{†1} 東京国際工科専門職大学

図2の配線図より、以下の3つの通信で動作するデバイスについて分けて説明する。

1. SPI 通信
2. I2C 通信
3. UART 通信
4. GPIO での直接通信

3.1 SPI 通信を用いたデバイス

半固定抵抗は、両単位 3.3V の電圧をかけ、つまみを調節することによって中央のピンの電圧を変化させる。この変化する電圧を MCP3208 (A/D コンバーター) の CH0, CH1, CH2 に接続する。半固定抵抗を用いて閾値を決めることにより、BME280 (温湿度, 気圧センサー) で測定した温度・湿度, および MH-Z19C (CO2 濃度センサー) で測定した CO2 濃度の実測値と比較し, 温度, 湿度, CO2 濃度が閾値を超えた際に slack, LINE に通知するようにした。

3.2 I2C 通信を用いたデバイス

BME280 は, VIO に 3.3V の電圧をかけ, SDI, SCK, SDO をそれぞれ RaspberryPi の SDA, SCL, GND に接続する。I2C 通信を用いて温度, 湿度, 気圧の値を取得する。

SSD1306 (有機 EL) は, VCC に 3.3V の電圧をかけ, SDA, SCL をそれぞれ RaspberryPi の SDA, SCL に接続する。I2C 通信を用いて BME280 で取得した値を表示する。

3.3 UART 通信を用いたデバイス

MH-Z19C は, VIN に 5V の電圧をかけ, RX, TX をそれぞれ RaspberryPi の UART TXD, UART RXD に接続する。UART 通信を用いて CO2 濃度の取得をする。

3.4 GPIO での直接通信を用いたデバイス

HC-SR501 (赤外線センサー) は, VCC に 5V の電圧をかけ, RaspberryPi の GPIO 4 と接続する。HC-SR501 にはつまみがついており, 感知する距離 (3~7m), およびセンサーが ON を維持する時間 (5~200s) を調節できる。GPIO の ON/OFF により人の検出ができる。各センサーより値を取得し, プログラム上で閾値判定を行い, 閾値を超過した際に図3に示す通知が送信される。

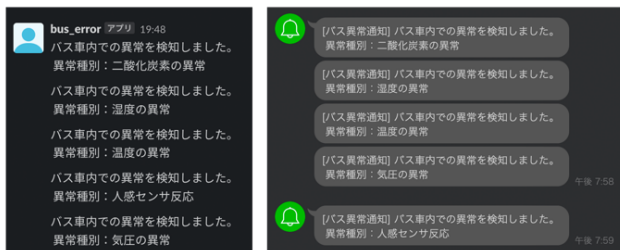


図3 センサー異常検知通知例 (左: Slack, 右: LINE)

4. 実験方法・結果

本システムはバス車内での、使用を目的としているため、バス車内にて実験を行うのが最も望ましい環境である。

しかし、バスでの実験環境を用意することが叶わなかったため、乗用車を用い測定実験を行なった。赤外線センサーに関しては、車内での実験が困難だったため、自宅で試験的に実施した。実験で使用した車種は、日産自動車より発売されている KICKS という SUV 型の自動車[3] である。男性成人 2 名が乗車し, 車内中央にセンサーを配置し, 測定を実施する。測定項目としては, 温度, 湿度, 気圧, CO2 濃度の測定を行う。測定間隔は 10 秒とし, 結果をクラウドに送信する。今回は, グラフ化を容易に行うことができる IoT データ可視化サービスである, Ambient を使用し, 可視化を行う。測定環境としては, 自動車で走行を行いながら, 測定を行い, 車内の環境がどのように変化するか知るための調査を行う。

4.1 Ambient での測定結果の可視化

実際の測定結果として, Ambient で可視化したものを図4に示す。上段左側より順に, 温度, 湿度, 気圧, CO2 濃度を示している。

図4は車のエンジンをかけた際の測定結果である。15時14分にシステムを起動した後, 15時20分頃に車内の温度(19.4度), 湿度(23.5%), 気圧(1009hPa), CO2濃度(430ppm)を観測した。その後, エアコンの操作により, 車内の温度(22.0度), 湿度(25.4%), 気圧(1010hPa), CO2濃度(586ppm)を観測した。

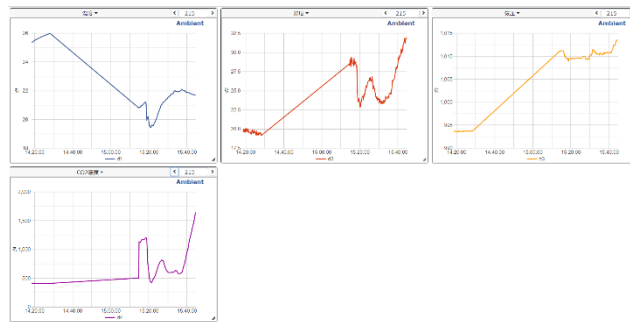


図4 測定結果のグラフ (エンジン起動時)

図5に車で走行している際(新宿からお台場海浜公園まで)の測定結果を示す。時間帯は, 15時20分から16時27分までである。図5より, 15時49分頃にエアコンの操作を行ったため, 16時9分頃に温度(26.0度)を観測した。また, 16時9分, および16時20分頃にレインボーブリッジを走行している際には, 最低気圧(1008hPa)を観測したため, グラフが急激に変化している。さらに, 15時35分頃に車内を内気循環にしたため, 15時46分頃に CO2 濃度(1885ppm)を観測した。その後, 車内の窓を開けて換気を

行ったところ、CO2 濃度 (555ppm) まで減少した。

図 6 にて、車で走行している際 (お台場海浜公園から新宿まで) の測定結果を示す。時間帯は、16 時 33 分から 17 時 47 分までである。図 6 より、16 時 50 分頃に BME280 の近くに手を近づけたため、16 時 52 分頃に温度 (27.6 度)、湿度 (27.4%) を観測した。また、17 時 26 分頃にトンネル内で渋滞が発生し、内気循環を開始したため、17 時 33 分頃に CO2 濃度 (1387ppm)、湿度 (26.0%) を観測した。トンネル内通過後は外気循環を行ったため、CO2 濃度 (637ppm)、湿度 (21.0%) まで減少した。

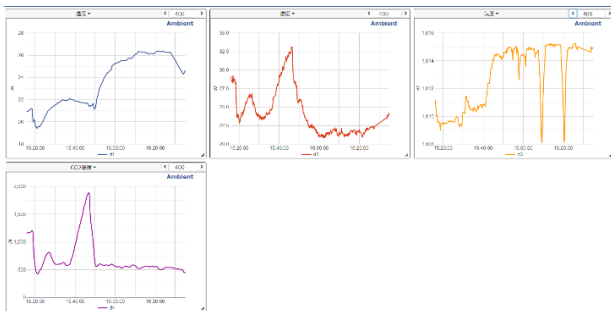


図 5 測定結果 (走行時: 往路)

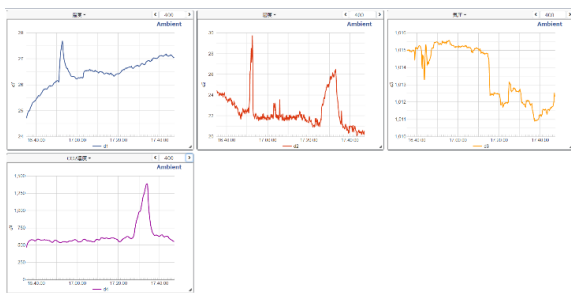


図 6 測定結果 (走行時: 復路)

4.2 赤外線 (人感) センサーの測定結果

赤外線 (人感) センサーで測定実験を行うにあたり、ブレッドボード上に接続した状態で測定することが困難であったため、2 台の M5StickC Plus で実際の測定を行うこととした。M5StickC Plus は ESP32 ベースで Bluetooth Low Energy と Wi-Fi が利用可能であり、通信方式は Bluetooth Low Energy を用いることとした。マスター側の「M5」ボタンを押すことによってセンサーを動作させ、スレーブ側に人感センサーの値 (1: 人がいる, 0: 人がいない) を送信することができる。図 7 に人感センサーの測定方法を示す。

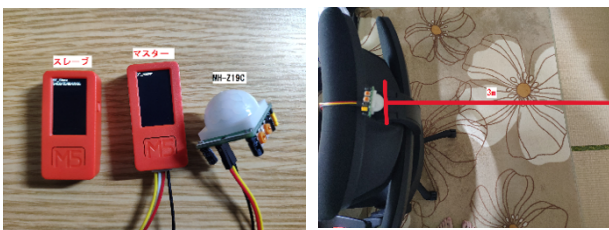
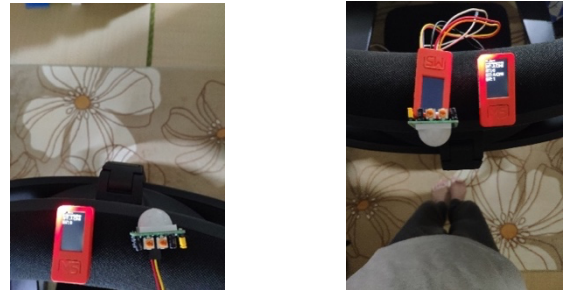


図 7 人感センサー測定方法

図 8 (a) にセンサーの測定範囲内に人がいないときを示す。図 8 (a) より、スレーブ側の M5StickC Plus に 0 が表示されているため、人を検知していないことが分かる。図 8 (b) にセンサーの測定範囲内に人がいるときを示す。図 8 (b) より、スレーブ側の M5StickC Plus に 1 が表示されているため、人を検知していることが分かる。



(a) 人感センサーシステム全体 (b) 人感センサー測定範囲
図 8 人感センサー測定時 (左: 未検出時 右: 検出時)

5. まとめ

本研究では、普通自動車車内環境では CO2 センサー、赤外線センサーが高精度で人物が可能であることが確認できた。今後は、

1. 実際のバスでの検証 (広さ・子供の肺活量での検知)
 2. 各種センサーが受ける外的要因についての調査
 3. 対象センサーの設置場所の推定
- などの調査を行い、最終的なシステム化を行っていきたい。

謝辞 プログラムの枠組み作成、配線図の作成に関しては、東京国際工科専門職大学 榎本祐希氏、蓬莱直哉氏、染谷侑亜氏に協力をいただきました。この場を借りて深くお礼申し上げます。

参考文献

- [1] 株式会社 TCI. 「sos-0001 園児バス置き去り防止システム」. <https://www.tci-car-item.com/sos-0001>, (参照 2022/12/16)
- [2] 三洋貿易株式会社. 「LiDAS | 三洋貿易株式会社」. <https://www.sanyotrading.co.jp/business/sangyou/iee/lidas/>, (参照 2022/12/16)
- [3] 日産自動車株式会社. 「日産: キックス [KICKS] スポーツ&スペシャリティ /SUV WEB カタログ」. <https://www3.nissan.co.jp/vehicles/new/kicks.html?r>, (参照 2022/12/16)