

〈研究ノート〉

Raspberry Pi と ChatGPT によるレンタカー向け喫煙監視 システムの試作

長尾光悦* 藤木憂維† 野呂田遼‡

Prototype of a Smoke-Detecting System for Rental Cars Using Raspberry Pi and ChatGPT

Mitsuyoshi NAGAO* Yui FUJIKI† Ryo NOROTA‡

要旨

レンタカー業界では、禁煙車両にもかかわらず一部の利用者が喫煙を行うケースが発生している。本論文では、Raspberry Pi と ChatGPT によるレンタカー向け喫煙監視システムを提案する。本システムでは、車両内に設置したカメラと空気の汚れを検出するセンサーに基づき利用者の喫煙行為を検出・監視する。本システムは、紙タバコ、及び、加熱式タバコの両方に対応し、リアルタイムで喫煙を検出し、警告を発する。また、喫煙行為の記録を通じて、利用者へペナルティを適用するための証拠を提供することも可能とする。

Abstract

Some people smoke in rental cars that are designated as no-smoking vehicles. In this paper, we propose a smoke-detecting system for rental cars that uses ChatGPT and a Raspberry Pi. The system uses a camera installed in the vehicle and a sensor that detects air pollution to monitor and detect smoking behavior. The system detects both paper and electronic cigarettes and issues real-time warnings. It can also record smoking behavior to provide evidence for applying penalties to users.

キーワード

Raspberry Pi ChatGPT レンタカー (Rental cars) 喫煙監視 (Smoke-detecting)

* 北海道情報大学経営情報学部システム情報学科教授, Professor, Department of Systems and Informatics (Dept. of SI.), HIU

† 北海道情報大学経営情報学部システム情報学科, Department of Systems and Informatics (Dept. of SI.), HIU

‡ 北海道情報大学経営情報学部システム情報学科, Department of Systems and Informatics (Dept. of SI.), HIU

1. はじめに

レンタカー業界では、一部の利用者が禁煙車両内で喫煙する問題が報告されている。車内での喫煙は、一時的な煙の発生にとどまらず、シートや内装に臭いや汚れを付着させる大きな要因となる。特に、タバコの煙に含まれる有害物質や粒子は、布製シートやエアコンフィルターに染み込みやすく、一度付着すると完全に除去することが困難である。そのため、喫煙が行われた車両は、消臭・除菌処理が必要となり、場合によってはシートやカーペットの張り替えが必要なケースもある。これにより、レンタカー事業者は想定外の修理費用やクリーニング費用を負担することになる。また、喫煙によるクリーニング作業は、作業に長い時間を要するため、次の利用者への提供が遅れ、レンタル業務における機会損失が発生する。更に、喫煙による車両の劣化が進むことで、中古車市場における売却価値が下がるといった長期的な損失にもつながる。

これまで、室内空間における空気の汚染状況を検出するシステムの開発は行われてきた（広林・木村ほか 1998）。しかしながら、これらの技術は喫煙の証拠を残す手段としては有効であるものの、喫煙行為そのものを未然に防止することは困難である。また、従来研究としてレンタカー内における喫煙行為を監視するシステムの研究事例は、筆者の調査範囲においては見当たらない。

本論文では、Raspberry Pi と ChatGPT によるレンタカー向け喫煙監視システムの提案を行う。本研究では、Raspberry Pi にカメラとガスセンサーを組み込むことにより喫煙監視システムを実現する。Raspberry Pi は、コンパクトで高性能、かつ、低価格

なシングルボードコンピュータである。これによりコストを抑え、かつ、レンタカーに車載可能な監視システムを実現する。このシステムに搭載されたカメラにより車内を撮影し、撮影された画像を ChatGPT の API を通じて解析する。これにより、タバコ関連器具が画像内に含まれているかどうかを判定する。この判定結果をもとに、喫煙器具が検出された場合には即座にアラートを発し、喫煙行為を抑止する。また、夜間の場合には車内が暗いため、画像による判定が困難になる場合があると予想される。このため、ガスセンサーによる車内の空気の状態を監視する。これにより、喫煙による煙の発生が検出された場合、センサー値と共に証拠となる映像を保存する機能を実現する。カメラ、及び、ガスセンサーを併用することにより効果的な喫煙の判定を可能とし、喫煙行為の抑止を実現する。更に、本システムのプロトタイプを構築し、実際の車内において性能検証実験を実施する。

2. 関連技術

2-1 ChatGPT

大規模言語モデル (Large Language Model, LLM) は、自然言語処理 (NLP) 分野において、近年、大きな注目を集めている技術である。LLM は、大量のテキストデータに基づいて事前学習され、言語構造やパターンを深く理解する能力を獲得している。このため、文章生成、翻訳、要約、質問応答など、幅広い自然言語処理タスクにおいて高い性能を示している。代表的な LLM には、OpenAI の ChatGPT シリーズや Anthropic 社の Claude シリーズが挙げられる。

なかでも ChatGPT は、サービス公開直後

から短期間で世界的にユーザー数を拡大したことで知られている。ChatGPT は高精度な文脈理解と柔軟な応答生成を特長とし、テキスト生成だけでなく、質問応答、翻訳、要約など多様なタスクに対応可能である。その有効性から、近年では学術研究やビジネス領域においても広く活用されている（入江・野口ほか 2024）。

最新バージョンでは、テキスト処理に加えて画像解析機能も実装されており、入力画像に対する物体認識やシーン解析を行うことができる。これにより、ChatGPT は、テキストと画像を統合的に処理し、より高度で複合的なタスクへの対応が可能となっている。更に、ChatGPT は API も提供しており、これを利用することで外部アプリケーションへの組み込みや独自システムとの連携が容易になっている。

2-2 Raspberry Pi

Raspberry Pi（ラズベリーパイ）は、イギリスの Raspberry Pi Foundation によって開発されたコンパクトなシングルボードコンピュータである。このデバイスは、プロセッサ、メモリ、USB ポート、HDMI 出力、GPIO（汎用入出力端子）などを搭載し、Linux ベースのオペレーティングシステムを動作させることが可能である。そのコンパクトさにもかかわらず、高性能かつ低価格で、デスクトップコンピュータや IoT デバイスのプラットフォームとして幅広く活用されている。また、研究開発などにも利用されている（小林・神戸 2024; 大佛・羽田ほか 2024; 安藤・井上 2024; Jones 2022）。

本研究では、Raspberry Pi 5 を用いて喫煙監視システムを構築する。Raspberry Pi 5 は従来モデルより高性能な CPU と GPU を搭載し、リアルタイム処理や機械学習モデルの実行に適している。また、GPIO を利用す

ることで、ガスセンサーやカメラモジュールを容易に接続可能である。

3. Raspberry Pi と ChatGPT によるレンタカー向け喫煙監視システム

3-1 システム概要

本システムの構成を図 1 に示す。本システムは、レンタカー内での喫煙を監視するために、喫煙器具検出モジュール、煙検出モジュール、映像保存モジュール、および映像データベースから構成されている。車内に設置されたカメラで一定間隔ごとに撮影された静止画は、喫煙器具検出モジュールに送信され、ChatGPT を通じて喫煙器具の有無が判定される。喫煙器具が検出された場合、映像保存モジュールが指示を受けて 3 分間の動画を撮影し、データベースに保存する。

一方、煙検出モジュールは車内のガスセンサーを使用してガス濃度を測定し、設定された閾値を超えた場合に、映像保存モジュールに動画の保存を指示する。これにより、喫煙器具の検出と煙の発生を組み合わせた包括的な監視を可能とする。

3-2 喫煙器具検出モジュール

喫煙器具検出モジュールは、車内に設置されたカメラで撮影された画像データを利用して喫煙器具の有無をリアルタイムで判定する。画像データは、システムに組み込まれた事前定義されたプロンプトと共に ChatGPT に送信される。このプロンプトは、「画像にタバコ、電子タバコ、タバコのケースが含まれている場合は true、含まれていない場合は false のみを出力してください」というものである。このプロンプトでは、Vape などの電子タバコと IQOS な

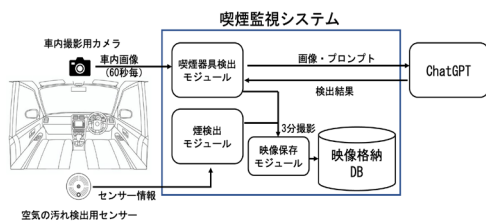


図1 システム構成

どの加熱式タバコの外觀の類似性により、電子タバコと表現している。プロンプトにおいて、返されたレスポンスが **true** の場合、システムは映像保存モジュールに指示を出し、喫煙器具が検出された瞬間から3分間の動画を記録する。この保存された映像データは、後の解析や証拠として活用される。また、記録された映像は時系列順に整理され、映像データベースに保存され、管理される。図2に、喫煙器具が検出された場合とされなかった場合の画像例を示す。

3-3 煙検出モジュール

本研究では、車内のガス濃度を測定するために TGS8100 ガスセンサーを採用する。このセンサーは、燃焼ガスや煙、特にタバコ煙に含まれる一酸化炭素や二酸化炭素などの有害物質に対して非常に高い感度を有し、微細なガス濃度の変化をリアルタイムで検出することが可能である。この特性により、喫煙行為全般のモニタリングに適したセンサーである。また、温度補償機能や湿度補償機能も備えており、車内環境の変化に対しても安定した測定を行うことが可能である。

ガスセンサーから出力されるアナログ信号は、システムで処理するためにデジタル信号に変換する必要がある。このために A/D コンバータを導入する。本研究では、MCP3002-I/P という 10 ビット分解能を持つ 2 チャンネル対応の A/D コンバータを



喫煙器具が検出された場合



検出されない場合

図2 喫煙器具の判定例

使用する。

3-4 映像保存モジュール

映像保存モジュールは、本システムにおける映像データの保存を担う。本モジュールは、喫煙器具検出モジュール、及び、煙検出モジュールと連動しており、これらモジュールから映像保存命令を受診すると、カメラから取得した映像データをタイムスタンプと共に保存する。これにより喫煙行為の証拠となる映像を保全する。

4. 実装

本システムの外觀を図3に示す。本システムは、Raspberry Pi 5, 超広角フル HD USB カメラ、及び、ガスセンサーで構成される。超広角レンズカメラにより、車内の複数の座席を同時に監視でき、喫煙行為を高精度に検出することが可能である。一方、ガスセンサーは空気中の煙や有害物質を検知

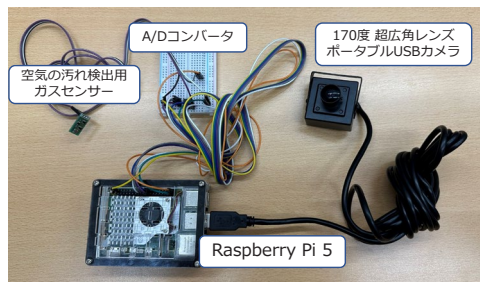


図3 システム外観

し、特に夜間など視覚的な情報が得にくい状況での補助的な役割を果たす。タバコや加熱式タバコが放出する煙に含まれる化学物質や粒子を検出することにより、カメラによる検出を補完する。また、Raspberry Pi の電力供給はシガーソケットから行う仕様としている。

更に、本システムに使用されるデバイスは、いずれも低価格で入手可能であり、Raspberry Pi 5、USB カメラ、TGS8100 ガスセンサーの3点で2万円強であるため、小規模なレンタカー事業者でも導入が容易である。

5. 動作確認実験

5-1 実験概要

動作確認実験は、令和6年10月31日13時から16時にダイハツ社製ムーヴ車内において実施した。実験では、車内全体を監視するためにルームミラー付近にカメラを設置し、各座席を見渡せるように配置した。この配置により、運転席、助手席、後部座席において、紙巻タバコ、紙巻タバコ箱、IQOS 器具、IQOS 箱を手に持った場合の検出精度を検証した。IQOS は、フィリップ・モリス・インターナショナルが開発・販売している加熱式タバコである。ま

た、同車内において紙タバコ、及び、IQOS による喫煙を行い、ガスセンサーによる喫煙検出が正しく動作するかを確認した。ガスセンサーは、車内ルームライト付近に設置した。

5-2 実験結果

図4、図5に実験結果を示す。図4は、監視システムのカメラによって撮影された画像内に喫煙器具が含まれる場合の判定結果である。図に示されるように、運転席、助手席、後部座席のいずれにおいても紙タバコ、紙巻タバコの箱、IQOS、IQOS の箱が存在することを正しく判定可能であることが確認された。

また、図5は煙検出の実験結果例を示す。図5上に示されるように、煙が未検出、すなわち、閾値以下の場合には、モニターに緑色の文字でガスセンサーからの値が表示され、煙が検出された場合には、赤色の文字で値が表示される。実験では、車の窓が開けられている状態、及び、車の窓が全て閉じられている状態で、紙タバコ、及び、IQOS による喫煙を行い、検出精度を確認した。

紙巻タバコにおいては、車内の窓が開いている状態でも閉じている状態でも、煙を検出できることが確認された(図5下左)。この結果から紙巻タバコの煙は、非常に高い精度で検出できることが確認された。しかしながら、IQOS の場合には煙を検出することができなかった(図5下右)。これは、IQOS が紙巻タバコのように呼出煙や副流煙を発生させないため、煙の検出が困難であったと考えられる。この結果から現在利用しているガスセンサーでは、IQOS の煙を検出する能力が不十分であることが確認された。



図4 喫煙関連器具の判別結果



図5 煙の検出結果例

5-3 ガスセンサーの配置最適化実験

本システムに搭載されたガスセンサーの配置最適化を目的として、追加実験を行った。まず、被験者10名を対象に喫煙時の呼出煙の風速を計測した。その結果、平均風速が 0.36 m/s であることが確認された。この値を再現するため、ミニ扇風機を用いて風速を調整し、ガスセンサーの検出範囲を評価した。図6に実験の様子を示す。

実験結果を図7に示す。図7からガスセンサーからの距離が 70cm 以内であれば煙を検出可能であることが確認された。この結果から、車内におけるガスセンサーの最適な配置位置は、喫煙者から 70cm 以内とすることが妥当であることが確認された。このため、運転席、及び、助手席用、後部



図6 実験の様子

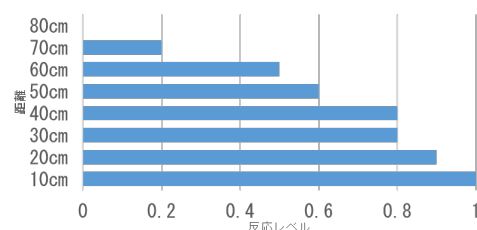


図7 実験の様子

座席用の2つのセンサーが必要であることが確認された。

6. おわりに

本論文では、Raspberry Pi と ChatGPT を活用したレンタカー向け喫煙モニタリングシステムを提案し、その動作確認を通して性能の検証を行った。実験の結果、喫煙関連器具が高い精度で検出可能であることが確認された。また、ガスセンサーによる煙検出実験においても紙巻タバコにおいては、高精度で煙を検出可能であることが確認された。しかしながら、IQOSの煙を検出することができなかった。IQOSは、副流煙を発生させず、かつ、呼出煙は蒸気のため、本システムにおけるガスセンサーでは検出が困難であったと考えられる。このため、加熱式タバコ特有の煙以外の物理的・化学的指標を利用した検出手法の開発が必要である。また、実験は日中に行われたため、夜間における動作について、調査する必

要がある。

更に、本システムは ChatGPT を用いて画像解析を行っており、運用にはインターネット接続と API に画像を送信するコストが必要となる。このため、コスト低減のためシステム自体に画像認識機能を持たせ通信を発生しないよう改良を行いたい。これらは今後の課題である。

参考文献

- 安藤拓翔・井上優良（2024）「エッジデバイス上におけるリアルタイム小ねぎ分岐部位置検出」『農業情報学会論文誌（農業情報研究）』第 32 巻，第 2 号，pp.73-80。
- 入江匠・野口皓貴ほか（2024）「ChatGPT を用いた対話型ファッションスタイリングシステム」『2024 年度人工知能学会全国大会（JSAI2024）講演論文集』No.38, pp.1-4。
- W. Jones（2022）「Exploring the versatility of Raspberry Pi for IoT projects」『Journal of Embedded Systems』Vol.12, No.3, pp.45-56。
- 小林竜也・神戸英利（2024）「エッジ AI カメラとセンサを用いた三つ葉氏養蜂支援システムの研究」『情報処理学会第 86 回全国大会講演論文集』2ZC-06, pp.3-451-452。
- 大佛俊泰・羽田優太ほか（2024）「加速度センサと赤外線人感センサを用いた階段室内の歩行者数と移動方向の推定」『日本建築学会計画系論文集』第 89 巻，第 818 号，pp.647-654。
- 広林茂樹・木村春彦ほか（1998）「マルチガスセンサーとプロダクションシステムを用いた室内空気汚染ガスの検出システム」『計測自動制御学会論文集』No.34, No.8, pp.913-921。