

積込動作音を用いたゴミ回収状況可視化システムの実装

國枝 祐希^{†1} 清水 健吾^{†2} 鈴木 秀和^{†3}

^{†1} 名城大学理工学部

^{†2} 名城大学大学院理工学研究科

^{†3} 名城大学情報工学部

1 はじめに

世界各地では SDGs の達成のためにさまざまな分野において IoT (Internet of Things) 技術が活用されており、環境分野においても社会システムのスマート化や DX (Digital Transformation) が進められている。自治体では、市民からゴミ収集に関する問い合わせが多く、職員は電話対応に追われている現状がある。筆者らは、塵芥車に GPS を搭載し、位置情報からゴミの回収状況を判定し、自治体職員や市民が Web ページ等で確認できるシステムを提案している [1]。このシステムではジオフェンシング技術を用いて、塵芥車がゴミ集積所圏内で停止している状況をゴミの回収中、圏内から離脱したら回収済みと判断していたが、集積所圏内で信号待ち等が発生すると、回収中と誤判断され、収集状況を正しく把握できない課題があった。そこで、塵芥車がゴミを回収する際に発せられる積込動作音に着目し、CNN (Convolutional Neural Network) を用いて積込動作音を検出して収集状況の把握精度を向上することを検討してきた [2]。

本稿では積込動作音を用いてゴミ回収状況をリアルタイムで把握し、市民が直接確認できる可視化システムの実装について述べる。

2 検討システム

塵芥車側のシステムと AWS (Amazon Web Services) 側のシステムで分けて示す。図 1 に塵芥車側システムの概要を示す。塵芥車には GPS やマイクを設置し、集積所圏内で一定速度以下の時、録音を開始し、CNN を用いて収録音が積込動作音か否かを分類する。積込動作音であったとき、塵芥車のゴミ収集状況は回収中となり、それ以外のときは未回収となる。これにより、ゴミ収集状況を判断する。回収中となった場合、最寄りゴミ集積所の回収状況を回収済みとしてデータベースを更新していく。このデータベースを web ページに表示することで市民や自治体職員はゴミ回収状況を可視化できるようになる。

図 2 にゴミ回収状況の可視化イメージを示す。Web ページでは、市内各地にあるゴミ集積所の回収状況が

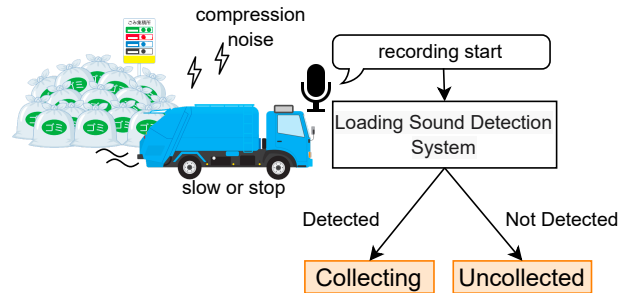


図 1 ゴミ回収状況判定システムの概要



図 2 ゴミ回収状況可視化イメージ

表示したものと塵芥車が今走行している場所と現在のゴミ収集状況が表示したもの2つあり、それぞれ確認することができる。

以上により、ジオフェンシングを用いた際に起こる課題が解消されることが期待できる。また、市民からの市役所への問い合わせ数の削減され、市職員の業務効率化が期待できる。

3 実装および検証

3.1 学習モデルの作成

ゴミ回収状況を判別するために学習モデルを実装した。CNN のモデルの1つである VGG16 をファインチューニングさせて、積込動作音のスペクトログラムを分類した。学習を行うために、収録音データは10秒単位で切り分け、それぞれスペクトログラムに変換して画像ファイルとして使用した。ImageNet で事前トレーニングした重みを VGG16 の全結合層以外に適用し、全結合層は二値分類になるように構築した。最後の畳み込み層前までの重みを固定し、ファインチューニングを行うことにより、学習モデルを作成した。

3.2 車載器の設置

車載器は reTerminal を用いて実装した。図3のように塵芥車のコンソールパネルおよびダッシュボードに reTerminal と GPS レシーバ、LTE ドングルを設置し、図

Implementation of Garbage Collection Status Visualization System Using Garbage Truck Loading Sound

Yuki Kunieda^{†1}, Kengo Shimizu^{†2} and Hidekazu Suzuki^{†3}

^{†1} Faculty of Science and Technology, Meijo University

^{†2} Graduate School of Science and Technology, Meijo University

^{†3} Faculty of Information Engineering, Meijo University

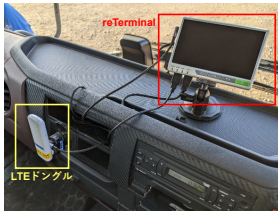


図3 車載器の設置方法

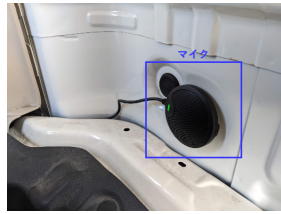


図4 マイクの設置方法

4のようにマイクを車内運転席後部に取り付けた。GPSは毎秒ごとに位置情報や速度を取得し、マイクは録音中ではないときかつ速度が時速10km以下であるときに10秒間の録音を開始する。この録音によって得られた音声データはスペクトログラムに変換し、CNNを用いてスペクトログラムに積込動作音が含まれている確率を推論結果として出力する。なお、塵芥車の位置情報等の各種データと推論結果はAWSで稼働させているNode-REDへ送信される。

3.3 収集済みのゴミ集積所の検索

AWS上で収集済みのゴミ集積所を検索し、データベースとして保存する機能を実装した。推論結果が閾値0.5以上であったとき送信元の塵芥車は回収中であるとみなせる。このとき、付近に集積所が存在しているということであるため、最寄りのゴミ集積所を検索することで回収したゴミ集積所を得ることができる。図5にAWSの環境を示す。RDS (Relational Database Service) で集積所データベースを構築し、lambdaによって推論結果に付随している緯度・経度から最寄りの集積所を検索するように実装した。返された集積所は収集済みのゴミ集積所としてデータベースに保存される。

3.4 動作検証

図6に積込動作音を含むスペクトログラムを示す。図6での緑枠で囲んだ範囲(約7~16秒)が積込動作音が鳴っている時間帯の周波数と強さである^{*1}。積込動作音の有無でスペクトログラムに違いが見られ、ゴミ回収時に生じる積込動作音の特徴が表れていることが確認できる。これによってスペクトログラムによるゴミ回収状況の判別できる見通しが得られた。

2022年11月21日に愛知県日進市内を走行する1台の塵芥車に搭載した車載器に対してゴミ収集状況判定システムを実装し、2022年12月15日まで動作検証を行った。それぞれの回収作業で集積所付近で回収中となることが確認できたが、交差点や曲がり角など周囲に何も無い所で回収中と判定している所があった。

判定にはCNNを使っており、推論結果は積込動作音が含まれている確率であるため、学習モデルの改善することによって回収状況の判定精度も向上する必要がある。

*1 0~7秒と16~20秒はエンジン音など

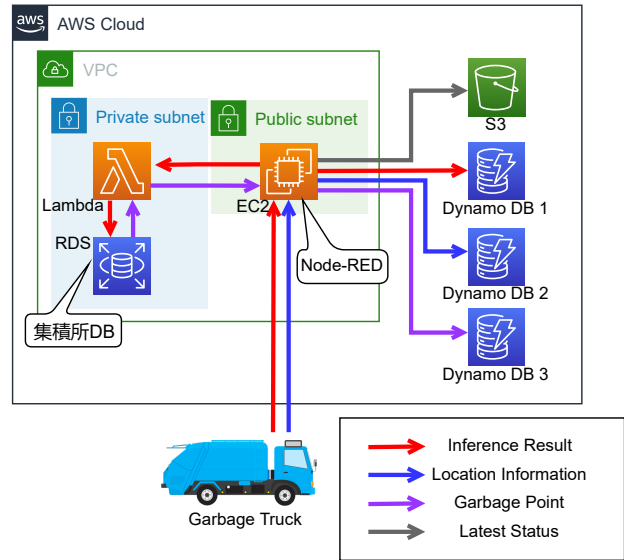


図5 AWS環境

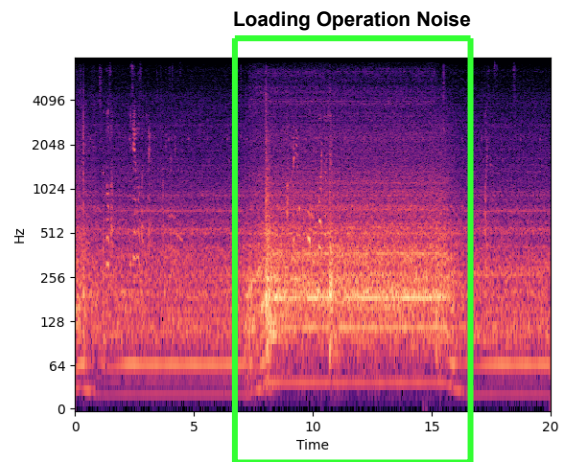


図6 積込動作音を含むスペクトログラム

4 まとめ

本稿では積込動作音を用いた塵芥車の回収状況判別システムを実装し、塵芥車上のゴミ収集状況判定システムについて動作検証を行った。今後は車載器をより多くの塵芥車に設置し、多数の積込時の動作音を収集し、学習モデルの改善と回収状況の精度を評価する。また、可視化システムを完成させ、実証実験を行う予定である。

謝辞

本研究はJSPS 科研費22H03580の助成を受けて実施したものである。また、本研究にご協力いただいた日進衛生株式会社の関係各位に感謝する。

参考文献

- [1] 河原. 他: 情報処理学会第84回全国大会講演論文集, Vol. 2022, No. 2ZB-02, pp. 2-247-3-348, 2021.
- [2] 國枝. 他: 令和4年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, No.J5-3, 2022.