

投函時の音によるゴミ種推定手法の基礎検討

立花 巧樹¹ 呉 健朗¹ 森岡 優一¹ 古野 雅人¹

概要：ゴミの焼却処分時の化石燃料の無駄遣いを避けるためにも、ゴミの適切な分別が重要とされている。例えば飲料物について、プラスチックのような再生可能な資源を適切に分別できない場合、エネルギーが無駄に消費されてしまうと考えられる。このような、ゴミの適切な分別の重要性がある中でも、適切な分別を行わないユーザは少なからず存在する。投函されたゴミについて、適切な分別を行うために回収作業員が一つ一つ手作業で行うことがあるが、これにかかる人的コストは高い。このため、ゴミ箱内に投函されたゴミを、自動で推定したうえで適切に分別を行うようなスマートゴミ箱の受容が高まっている。このスマートゴミ箱の実現に向けてゴミを自動で分別する研究が数多く行われているが、これらの研究では、ゴミを捨てる前に一度ゴミを叩くなど、直接ゴミの投函とは関係のない動作を行う必要がある。以上より我々は、ゴミを投函するだけで、投函されたゴミの識別を行う手法を提案する。これは、ゴミがゴミ箱へ投函された際に発生する音を元に、そのゴミ種を推定するというものである。本稿では、ビン、缶、ペットボトルに着目し、これらを投函した際の識別する手法の実装方法について論じる。

1. はじめに

ゴミの焼却処分時の化石燃料の無駄遣いを避けるためにも、ゴミの適切な分別が重要とされている。例えば飲料物について、プラスチックのような再生可能な資源を適切に分別できない場合、エネルギーが無駄に消費されてしまうと考えられる。あるいは飲料物が残った状態でゴミが投函される場合、余分に燃焼のためのエネルギーが消費されてしまうと考えられる。このような、ゴミの適切な分別の重要性がある中でも、適切な分別を行わないユーザは少なからず存在する。荒川ら [1] は、大学構内で、ビン、缶、ペットボトルがどれだけ正しく分別されているかどうか実態調査を 2016 年 1 月から 2017 年 4 月までの約 1 年半行っている。この結果、30%のゴミが誤った分別をされていることが明らかになっている。

投函されたゴミについて、適切な分別を行うために回収作業員が一つ一つ手作業で行うことがあるが、これにかかる人的コストは高い。このため、ゴミ箱内に投函されたゴミを、自動で推定したうえで適切に分別を行うようなスマートゴミ箱の受容が高まっている。このスマートゴミ箱の実現に向けてゴミを自動で分別する研究が数多く行われているが、これらの研究では、ゴミを捨てる前に一度ゴミを叩くなど、直接ゴミの投函とは関係のない動作を行う必要がある。

以上より我々は、ゴミを投函するだけで、投函されたゴ

ミの識別を行う手法を提案する。これは、ゴミがゴミ箱へ投函された際に発生する音を元に、そのゴミ種を推定するというものである。本稿では、ビン、缶、ペットボトルに着目し、これらを投函した際の識別する手法の実装方法について論じる。

2. 関連研究

音を用いた物体認識の研究は多く存在する。Gong ら [2] は、スマホでモノを叩いて、その音から生活空間に存在するモノの種別を自動で推定する技術、Knocker を提案している。立花らは、腕に装着しているスマートウォッチの音響センサを用いたポイ捨てゴミ種別認識システム、ACOGARE [3] を提案している。ユーザは、ポイ捨てゴミを捨てる際に、ポイ捨てゴミを叩く動作を行う。その際に、スマートウォッチ付属のマイクで、ポイ捨てゴミを叩いた際に生じる音を収集し、ゴミの種別を認識する。荒川ら [1] は、ゴミ箱にマイクを取り付けて、ゴミ箱に落ちた際の衝突音からゴミの種別を推定している。

3. 研究課題

ゴミの焼却処分時の化石燃料の無駄遣いを避けるためにも、ゴミの適切な分別が重要とされている。人手による分別では勘違いによるミスが起きたり、手間がかかることから分別を行わなかったりする場合がある。このため、ゴミ箱内に投函されたゴミを、自動で推定したうえで適切に分別を行うようなスマートゴミ箱の受容が高まっている。

¹ SoftBank 株式会社

このスマートゴミ箱の実現に向けてゴミを自動で分別する研究が数多く行われているが、これらの研究では、ユーザが直接ゴミの投函とは関係のない動作を行う必要がある。例えば、ゴミを投函する前にゴミをスマートフォンで叩いたり、スマートウォッチをつけた手でゴミを叩いたりする必要があり [2] [3]。ゴミの投函動作のみでごみの推定を行う手法も存在するが、缶やペットボトルに液体の残りが入っている場合を考慮できていない [1]。

以上のことから、本研究では、ビン、缶、ペットボトルに着目を置き、液体の残りが入っている場合でも、ユーザがゴミの投函を行うだけで、ゴミの種別を識別できるようにすることを研究課題として設定する。

4. 提案手法

研究課題を達成するために、ゴミの投函時に発生する音に着目する。ゴミのゴミとの衝突音や、ゴミ箱上を擦る音はゴミの素材ごとに異なると考えられ、この音をゴミの識別に用いることができると考えられる。よって、我々はユーザがゴミをゴミ箱に投函し、ゴミがゴミ箱に収納されるまでに発生する音を元にゴミの識別を行うことを提案する。これにより、ユーザがゴミをゴミ箱に投函するだけで、ゴミの識別を行うことができると考えられる。

5. 実装

本稿におけるゴミ箱は、ゴミが投函されたことを検知するためのカメラと音収集用のマイクを設置する。具体的にはゴミ箱に M5Stack UnitV を設置する。ゴミ種別認識は、前処理、特徴量抽出、モデルによる推定のフローを経て行われる。前処理として、ゴミ箱に投函されたゴミが発生させた音を切り出す。ゴミ箱にゴミが投函されていない状態の映像を基準とし、背景差分を取得し続ける。ゴミの投函などで一定以上の背景差分が認められた場合、ゴミが投函されたと判定を行う。この投函されたと判定が行われた際の前後一秒間の音をゴミ箱に投函されたゴミが発生させた音とする。この音について、Centroid によりノイズ除去を行う。

前処理により抽出した音について、特徴量抽出を行う。音から抽出する特徴量は一般的に機械学習で用いられている特徴量である MFCC, Chroma, Melspectrogram, Spectral contrast を使用する。MFCC は、音データに対して FFT を行い、メルフィルタバンクを通した出力を逆離散コサイン変換した特徴量である。Chroma は、オクターブ違いの同じ音階の成分を全て重ね合わせて 1 オクターブ内の半音階の 12 音の成分に縮約した特徴量である。Melspectrogram は、FFT 変換を行った後にスペクトログラムを作成し、周波数がメルスケールに変換した特徴量である。Spectral contrast は、FFT を行い、オクターブフィルタバンクを通した後にピークを検知して抽出し、最後にカルーネン・

レーベ変換した特徴量である。

以上の抽出した特徴量を用いてモデルを作成し、ゴミの識別を行う。

6. おわりに

ゴミ箱内に投函されたゴミを、自動で推定したうえで適切に分別を行うようなスマートゴミ箱の受容が高まっている。スマートゴミ箱の実現に向けてゴミを自動で分別する研究が数多く行われているが、これらの研究では、ゴミを捨てる前に一度ゴミを叩くなど、直接ゴミの投函とは関係のない動作を行う必要がある。この問題を解決するために我々は、ゴミを投函するだけで、投函されたゴミの識別を行う手法を提案した。これは、ゴミがゴミ箱へ投函された際に発生する音を元に、そのゴミ種を推定するというものである。今後は、本稿で示した実装方法によるゴミ箱のプロトタイプシステムを用いた検証を行い、実際にゴミを識別することができるか検証を行う。

参考文献

- [1] 荒川正規, 撫中達司. 音を用いた再生可能資源の自動分別に関する研究. 東海大学紀要情報通信学部, 第 11 巻, pp. 14-20, 2018.
- [2] Taesik Gong, Hyunsung Cho, Bowon Lee, and Sung-Ju Lee. Knocker: Vibroacoustic-based object recognition with smartphones. *Proc. ACM Interact. Mob. Wearable Ubiquitous Technol.*, Vol. 3, No. 3, 2019.
- [3] 立花巧樹, 中村優吾, 松田裕貴, 諏訪博彦, 安本慶一. スマートウォッチの音響センサを用いたポイ捨てごみの種別認識手法の提案と評価. マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO 2021) シンポジウム論文集, pp. 325-332, 2021.