

# センサ装着型トングを用いた ポイ捨てごみの種別・位置情報収集システムの提案

立花 巧樹<sup>1</sup> 中岡 黎<sup>1</sup> 宮地 篤士<sup>1</sup> 富田 周作<sup>1,2</sup> 松田 裕貴<sup>1,2,3</sup> 中村 優吾<sup>4</sup> 諏訪 博彦<sup>1,2</sup>

**概要：**ごみのポイ捨ては社会問題に発展している。ポイ捨てを防止する方法として、ごみ箱やポイ捨て禁止の旨が書かれた看板をポイ捨てされる場所に設置して、未然にポイ捨てを防止する都市デザイン的アプローチが考えられる。そのためには、ごみの種別・位置情報を網羅的に事前に収集することが必要である。しかし、既存手法では、ごみの種別・位置情報を網羅的に収集することに多くの手間がかかってしまうという問題がある。我々は、センサ装着型トングを用いてごみの種別および位置情報を収集するシステムを提案する。また、提案システムの設計を基に、プロトタイプシステムの構築を行った。

## 1. はじめに

ごみのポイ捨ては社会問題に発展している。Mariaら [1]によると、世界では、年間6兆本ものタバコが消費されているが、そのうち4.5兆本はポイ捨てされている。また、世界経済フォーラム [2]は、2015年にタバコを含む910万トンのプラスチックごみが流出したという調査結果を発表した。これにより、海洋汚染や海洋生物の殺傷などの問題が生じている。したがって、ごみのポイ捨て問題は早急に解決すべきである。ポイ捨てを防止する方法として、都市デザイン的アプローチが考えられる。例えば、ポイ捨てされる場所に対して、ごみ箱やポイ捨て禁止の旨が書かれた看板を設置することで、ポイ捨てを未然に防止することができると考えられる。ただし、ごみ箱やポイ捨て禁止の旨が書かれた看板を、ポイ捨てが起ころうる場所全てに配置することは現実的ではない。したがって、ポイ捨てが多くされる場所に対して効率的に配置することが求められる。例えば、タバコのごみが多く落ちている場所を事前に収集しておけば、その場所に灰皿を設置することで、多くのポイ捨てを防ぐことができると考える。そのためには、ごみの種別・位置情報を網羅的に収集することが必要である。

しかし、既存研究として、手動でごみを収集する手法 [3]やビデオカメラなどでごみを自動で収集する手法 [4]などが存在するが、どちらの手法を用いてもごみのデータを網

羅的に収集することが困難であるという問題が存在する。そこで我々は、ごみ拾いをする人に注目した。ごみ拾いをする人をセンサ化し、ごみを拾う人が多くのごみを拾うことができれば、ごみの種別・位置情報を網羅的に収集することができると考えた。既存研究として、ごみを拾った人が、ごみを撮影して位置情報と共にアップロードすることで、ごみの種別・位置情報を収集できるピリカ [5]というサービスも存在するが、一つ一つのごみを撮影するにはユーザの負担がかかってしまう。したがって我々は、ごみを拾う人が、手間をかけずにごみを拾うだけで、ごみの種別・位置情報を網羅的に収集可能とすることを目的とする。

上記の目的を達成すべく、我々は、ユーザが装着しているスマートウォッチから得られるセンサデータのみを用いて、ごみの種別および位置情報を収集するシステムを提案してきた [6]。しかし [6]の手法だけでは、ユーザがトングでごみを拾う際にごみの種別・位置情報を収集することができないという問題が存在する。

我々は、センサ装着型トングを用いてごみの種別および位置情報を収集するシステムを提案する。システムは、ごみを拾う多くの人が、センサが取り付けられたトングを用いてごみを拾うだけで、ごみの種別・位置情報を記録することができる。本稿では、提案システムの設計および、プロトタイプシステムの構築を行った。

## 2. 関連研究

ごみの種別・位置情報を手動で収集する事例について 2.1 節、自動で収集する事例について 2.2 節にて述べる。

<sup>1</sup> 奈良先端科学技術大学院大学, Nara Institute of Science and Technology

<sup>2</sup> 理化学研究所 革新知能統合研究センター (AIP), RIKEN, Center for Advanced Intelligence Project (AIP)

<sup>3</sup> JST さきがけ, JST PRESTO

<sup>4</sup> 九州大学, Kyushu University

## 2.1 ごみの種別・位置情報を手動で収集する事例

ごみの種別・位置情報を手動で収集する事例として [3], [7] がある。井上ら [3] は、釜口水門から横川合流点までの天竜川上流 11.5 km の河岸において、漂着ごみの量、種類を手動で収集しながら調査し、漂着ごみの分布および岸形状との関係を考察した。高橋ら [7] は、計測者が手動でタバコの位置情報を地図上にプロットし、タバコの種別・位置情報の収集を手動で行っている。その結果、タバコの多い場所に対して、灰皿を設置してポイ捨て削減を狙うなどのタバコのポイ捨ての防止対策に関する具体的方策を提案している。

しかし、これらの手法では、ごみ拾いをしている人が、一つ一つのごみに対し手動で収集するため、手間がかかるという問題が存在する。したがって、ごみの種別・位置情報を自動で検出することが必要である。

## 2.2 ごみの種別・位置情報を自動で収集する事例

ごみの種別・位置情報を自動で収集する事例として [4], [5], [8] がある。タカノメ [8] は、スマホでごみを撮影することで、ごみの種別・位置情報を自動で収集できるシステムである。計測者がスマホで道に落ちているごみを撮影する。システムは、動画に写ったごみの種類や数量、位置情報などを解析し、地図上にプロットする。植田ら [4] は、ビデオカメラによるポイ捨て位置の情報やポイ捨てしている人の特徴を収集している。ビデオカメラで撮影したデータに対して、タカノメ [8] の技術を用いれば、ごみの種別・位置情報を自動で収集することが可能になると考えられる。ピリカ [5] は、世界 100 ヶ国以上で利用されているごみ拾いボランティア SNS アプリケーションである。ユーザは、拾ったごみを撮影し、位置情報と共にアップロードする。そして、アップロードされたごみの種別をアプリ管理者がタカノメ [8] の解析技術を利用することで、ごみの種別・位置情報を網羅的に収集することができる。

しかし、文献 [4] の手法は、カメラが設置してある場所でしかごみを収集できないため、ごみを網羅的に収集することができないという問題が存在する。また、多くの場所にカメラを設置している環境があったとしても、多くのコストがかかってしまう。上記の問題は、ごみを拾う人からデータを収集するアプローチ [5], [8] であれば、モノの設置コストがかかることなく、ごみの種別・位置情報を網羅的に収集できる可能性がある。一方で、タカノメ [8] は、データ計測者がスマホで道路を撮影しながら歩くという動作が必要となってしまう。同様に、ピリカ [5] のユーザは、ごみの種別を解析するためにごみを一つ一つ撮影しなければならないため、ピリカ [5] を利用するユーザの負担が大きくなる。ピリカ [5] の利用ユーザの負担が大きくなるほど、ピリカ [5] の利用ユーザは減少し、十分なデータを収集することができないという問題が発生する危険がある。した

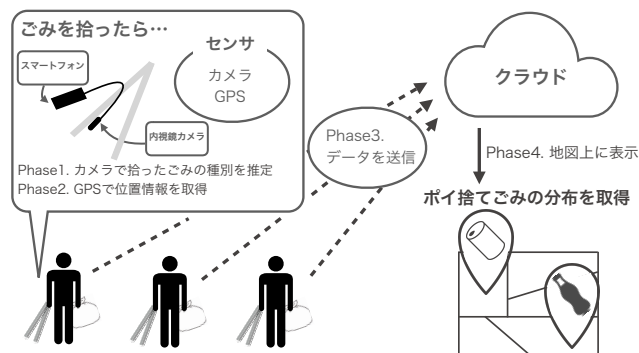


図 1: 提案システムの概念図

がって我々は、ごみを拾う人が、手間をかけずにごみを拾うだけで、ごみの種別・位置情報を網羅的に収集できるようにすることを本研究の目的とする。

## 3. システム設計

### 3.1 アプローチ

上記の目的を達成すべく、我々は、ユーザが装着しているスマートウォッチから得られるセンサーデータのみを用いて、ごみの種別および位置情報を収集するシステムを提案してきた [6]。しかし [6] の手法だけでは、ユーザがトングでごみを拾う際にごみの種別・位置情報を収集することができないという問題が存在する。この問題を解決するために我々は、トングにセンサーを取り付けるアプローチに注目した。ユーザは、センサーが取り付けられたトングを用いてごみを拾うだけで、ごみの種別および位置情報を記録することができれば問題を解決できると考えた。したがって本稿では、センサー装着型トングを用いてごみの種別および位置情報を収集するシステムを提案する。

### 3.2 提案システムの概念

提案システムの概念を図 1 に示す。システムは、ごみを拾う多くの人が、センサーが取り付けられたトングを用いてごみを拾うだけで、ごみの種別・位置情報を記録することができる。システムはスマートフォンと内視鏡カメラで構成されている。次に、システムの処理の流れについて述べる。はじめに、ユーザは、ごみをトングでつかむ動作を行う。その際、内視鏡カメラでは、トング先端部分の画像データを、有線接続されたスマートフォンに送信する。スマートフォンでは、画像認識によってごみの種別をリアルタイムで推定する (Phase1)。次に、スマートフォンに内蔵されている GPS から得られる位置情報を取得することで (Phase2)、ごみの種別・位置情報を記録することができる。そして、スマートフォンからごみの種別と位置情報をクラウドに送信し (Phase3)、地図上にごみの種別をプロットすることで (Phase4)、ごみの種別・位置情報を網羅的に収集することができる。したがってごみを

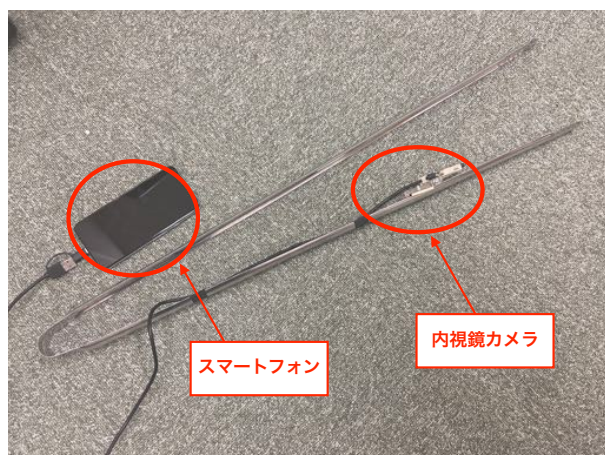


図 2: デバイスの全体像

拾う多くの人が、本システムと [6] の手法を用いることで、ごみの種別・位置情報を網羅的に収集可能となる。

### 3.3 システムの実現性

本システムを構築するための費用面・導入面でのコストは低いと考えられる。費用面としては、ごみ拾いをするユーザがスマートフォン・トングを所持していると仮定する場合、内視鏡カメラを購入するだけで良い。内視鏡カメラは、2000 円前後で購入することが可能なため、導入コストは低いと考える。導入面としては、はじめにユーザは、一般的なトングに対して内視鏡カメラ・スマートフォンを取り付ける。次に、スマートフォンに我々の専用アプリをインストールするだけで、システムを利用することが可能になるため、導入コストも低いと考える。したがって、費用面・導入面の両方の観点から、システムの実現性は高いと考えられる。

## 4. プロトタイプ実装

### 4.1 ハードウェアの全体像

ハードウェアの全体像を図 2 に表す。トングは市販の金属製のものとした。サイズは 70 cm である。撮影用の内視鏡カメラは BLLKE 社製を採用している。本プロトタイプでは、画像認識の精度を向上させるために、内視鏡カメラを 3D プリンタで固定した。今後、内視鏡カメラの固定方法は、ユーザの導入コストが低くなるように設計する必要があると考える。スマートフォンは、Google Pixel 5 を利用し、200 cm の USB ケーブルで接続している。ユーザは、スマートフォンをポケットに入れてごみ拾いを行う。

### 4.2 ごみ認識システム (Phase 1-2)

ごみ認識モデルは、MobileNet (V1) のネットワークに対し、ImageNet [9] で事前学習したモデルを利用する。事前学習したモデルに対し、ごみの画像データを訓練データとして Fine Tuning し、ごみ認識モデルを構築した。ごみ



図 3: システムの挙動



図 4: ポイ捨てごみの分布図の例

の画像データは、缶・びん・ペットボトル 10 個ずつに対して、様々な角度から撮影したものをを用いた。図 3 は、トングでペットボトルを掴んだ際のスマートフォン画面に表示するシステムの挙動を示したものである。スマートフォンの画面の左上には、ごみ認識モデルを用いてごみの種別を推定した結果として「PET bottle」が表示される。ごみの種別が認識された段階で、同時に位置情報を取得する。今後は、ごみの認識モデルの精度を検証実験で確認する。

### 4.3 ポイ捨てごみの集約・可視化 (Phase 3-4)

最後に、3.2 節で述べた、ゴミの種別・位置情報の集約機能および、地図上にごみの種別をプロットする機能 (Phase 3-4) の設計について説明する。まず、Phase 1-2 で取得されたごみの種別および位置情報のデータを、スマートフォンから Firebase に送信する。次に、集約されたデータを可視化する。可視化されたポイ捨てごみの分布図の例を図 4 に示す。ポイ捨てごみの分布図は、Firebase からごみの情報を取得し、Google Maps API を用いて表示する。表示形式は、ヒートマップやごみの種別ごとに表示できるようにする。

## 5. おわりに

本稿では、ごみの種別・位置情報を網羅的に収集するために、センサ装着型トングを用いてごみの種別および位置情報を収集するシステムを提案した。また、システムの実

現性について述べた後、プロトタイプシステムを実装した。今後は、ごみ認識モデルの精度を検証実験で確認する予定である。また、ごみ認識モデルの精度が実用的であった場合、実際にシステムを利用して屋外でごみ拾いをして、ごみの種別および位置情報を正確に収集できるか検証する予定である。

## 謝辞

本研究は奈良先端科学技術大学院大学 CICIP プロジェクトの助成を受けたものである。

## 参考文献

- [1] Maria Araújo and Monica Costa. A critical review of the issue of cigarette butt pollution in coastal environments. *Environmental Research*, Vol. 172, , 02 2019.
- [2] The World Economic Forum. The new plastics economy rethinking the future of plastics. [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_The\\_New\\_Plastics\\_Economy.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_The_New_Plastics_Economy.pdf), 2016. Accessed: 2021-05-09.
- [3] 井上芳樹, 戸田任重. 諏訪湖・天竜川上流における漂着ゴミ. *環境科学会誌*, Vol. 16, No. 3, pp. 167-178, 2003.
- [4] 植田憲, 高野維斗, 神崎広史, 宮崎清. ごみの「ポイ捨て」の未然防止に関する調査・研究:千葉市・駅周辺地域におけるごみ捨て行為の実態調査に基づいて. *日本デザイン学会研究発表大会概要集*, 第 53 巻, p. 188, 2006.
- [5] 株式会社ピリカ. ごみ拾いsns ピリカ|いつでもどこでも気軽にボランティア. <https://sns.pirika.org/>. Accessed: 2020-07-27.
- [6] 立花巧樹, 中村優吾, 松田裕貴, 諏訪博彦, 安本慶一. スマートウォッチを用いたポイ捨てごみの種別・位置認識システムの提案. 2020 年度 情報処理学会関西支部 支部大会 講演論文集, 第 2020 巻, 2020.
- [7] 高橋祐平, 石坂公一, 小地沢将之. タバコのポイ捨てポテンシャルの分布構造 - 仙台市中心部のアーケード街を対象として -. *日本建築学会技術報告集*, 第 15 巻, pp. 257-260, 2009.
- [8] 株式会社ピリカ. ポイ捨てごみ調査サービス「タカノメ」|スマホで簡単、ポイ捨て分布調査. <https://research.pirika.org/>. Accessed: 2020-07-27.
- [9] J. DENG. Imagenet : A large-scale hierarchical image database. *Proc. IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition*, 2009, 2009.