

地域美化活動支援のための安全で効率の良い路上環境情報 取得・分析による可視化システムの提案

A Proposal of a Road Environment Visualization System by Safe and Efficient Image Data Analysis for Supporting Cleaning Activities

羽倉 輝* 山口 琉太* 義久 智樹† 下條 真司† 河合 由起子*

Hikaru Hagura Ryuta Yamaguchi Tomoki Yoshihisa Shinji Shimojo Yukiko Kawai

1. はじめに

路上のゴミポイ捨て抑止や清掃支援として、スマートフォン（スマホ）を活用した取り組みが注目されている。近藤ら [1] は、スマホで撮影した画像から機械学習を用いて物体の種類を判別し、撮影位置の座標を地図上にプロットしている。同様に、タカノメ [2] では、スマホで撮影した動画から機械学習を用いて路上に落ちている物体の種類を判別し、撮影位置座標からヒートマップを作成し、ゴミ分布の可視化サービスを提供している。また、望月ら [3] は、砂浜に落ちている漂着ゴミを判別する画像処理手法を提案している。これら既存研究やサービスでは、対象物体となるタバコや空き缶などのゴミを視認しながら撮影をする能動的なデータ収集が必要となり、収集・分析コストが高い。

本研究では、狭い路地等でも走行可能な自転車と、スマホを活用することで、効率的かつ安全な路上環境情報収集および分析システムを提案する。ユーザはスマホを自転車に搭載するのみで、走行中に操作することなくスマホから走行風景の画像を取得し、路上環境を分析することができ、処理コストを大きく軽減できる。

本稿では、自転車走行中の撮影方法および撮影された走行風景から路上環境情報を分析する手法を提案する。分析対象となる路上環境情報は、路上に落下している物体とする。自転車に搭載されたスマホの撮影画像による物体抽出手法は、まず、対象が路上となるため、撮影した画像の下半分をトリミング処理する。次に、HSV 色空間へ変換し、落ちている物体以外の要素を削除する。最後に抽出した物体の矩形領域画像から画像解析よりオブジェクト判別しタグ付け (litter, scrap 等) し、撮影位置にマッピングする。さらに、撮影画像分析に加え、ゴミの発生要因として飲食店やスーパー、コンビニの店舗と地点情報を地理データから取得し、抽出されたゴミの位置との距離を算出し、ゴミの発生の予測につなげる。本提案システムによる安全で効率的な路上環境データの可視化と予測は、ゴミのポイ捨て等のネガティブな行動の自粛にもつながることが期待される。本稿では、提案する自転車搭載スマホによる画像取得・分析システムを実装し、有用性を検証する。

*京都産業大学

†大阪大学

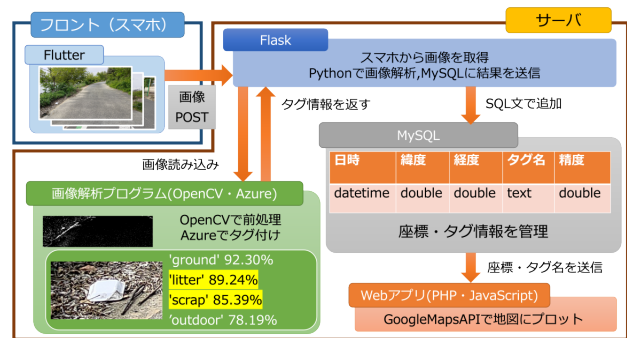


図 1: 路上環境画像の取得・分析・可視化までの流れ

2. 路上環境情報取得・分析システム

図 1 に、路上環境情報取得・分析システムの処理の流れを示す。まず自転車を利用して道路の走行景観を撮影し、撮影画像と撮影位置情報（緯度経度）をサーバへ送信する。サーバでは、OpenCV と画像解析による物体領域抽出と物体へのタグ付けを行い、位置情報と関連付けてデータベースで管理する。抽出されたゴミの位置情報に基づき地図上にプロットする。また、OSM (Open Street Map) からゴミと関連する店舗（飲食店やコンビニ等）の位置情報を取得し、抽出されたゴミの位置情報がそれら店舗の一定領域内で発生する確率を算出する。なお、本稿では、タグ付けまでを対象にシステムを実装し検証する。

3. 自転車搭載スマホによる画像取得・分析の実装

実装した画像・位置情報取得と送信のフロントエンドとサーバの画像のタグ付け手法について検証する。

3.1. スマホ画像の物体に対するタグ付け処理

スマホから送信された画像はサーバに転送され、下記の手順で物体対象領域が抽出されタグ付けされる。

1. 画像の上半分をトリミングし削除
2. 画像を RGB 色空間から HSV 色空間へ変換
3. 規定の範囲にある色をマスクし、ノイズを削除
4. オープニング処理により、ノイズを削除
5. 輪郭を検出し、輪郭を矩形で抽出
6. 抽出した矩形画像を画像解析し、タグ付け処理

まず、画像の上半分は進行方向のため道路の撮影領域が少なく、また対象物体となるゴミを判別できる解

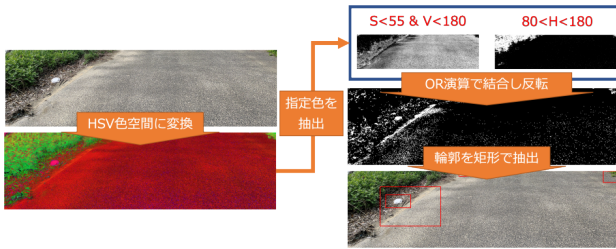


図 2: 撮影された道路画像の物体領域抽出処理の流れ



図 3: 自転車へのスマホの取り付けと撮影アプリ画面

像度に満たないため削除する。なお、進行方向の連続撮影により、削除された道路画像は次フレームの下半分に含まれる。次に、図 2 に 2. から 5. までの物体対象領域抽出の処理手順を示す。本研究におけるノイズは、アスファルトおよび草とし、灰色、薄灰色、緑色をマスクし、2 値化画像に変換する。最後に、抽出された矩形画像のオブジェクトを画像解析 API³を用いて判定し、撮影位置にラベリングする。

3.2. 自転車に搭載したスマホカメラによる画像収集

本研究では、ゴミ情報収集以外の目的でも受動的にデータ収集できることを目指しており、一般的に用いられている自転車とスマホに対応したアプリケーションを Flutter で開発した。図 3 に実際の設置風景とアプリ画面を示す。画像は解像度 3840 × 2160 (約 7MB) で 1 秒ごとに撮影されるが、振動によるぶれを軽減するため、焦点が合った場合のみ撮影される。撮影画像サイズと通信環境を考慮し、撮影画像はスマホのローカルストレージに保存され、ユーザが選択的にサーバへ送信 (POST) する。今後、送信される画像サイズを考慮し、撮影画像のトリミング処理をスマホで実施予定である。

3.3. 物体抽出とオブジェクト判別の検討

提案する物体抽出とオブジェクト判別の検証を目的に、自転車から取得した画像に対して様々な解像度で物体抽出およびタグ付けを実施した。自転車に搭載したスマホから取得した分析対象の画像数は 51 枚とし、対象物体が含まれている画像は 11 枚であった。提案手

³Microsoft Azure Computer Vision

解像度 (倍率)	118 × 61 (1倍)	236 × 122 (4倍)	295 × 152 (6倍)	354 × 183 (9倍)
'タグ名'	No tags	'ground' 78.43%	'ground' 83.95% 'edible seed' 69.59%	'ground' 92.30% 'litter' 89.24% 'scrap' 85.39%
Accuracy			'food' 40.32%	'outdoor' 78.19%

図 4: 抽出した矩形の解像度に対する画像解析結果

法より抽出された矩形は 51 枚のうち 438 個 (平均 8.6 個)、11 枚のうち 75 個 (6.8 個) であった。これら誤認識された矩形は、「自転車のカゴ」、マスクの規定範囲外色となる「赤いアスファルト」や「雑草」であった。しかしながら、これらの誤認識はオブジェクト判定より除去できるため、影響はない。一方で、対象物体として抽出された矩形は 2 個で再現率が 0.182 と低くなった。これは矩形領域の閾値の下限が原因として考えられるため、物体との撮影距離を近くする必要がある。今後、撮影頻度の増加による精度向上を検討する。

矩形によるオブジェクト判別では、切り出す矩形サイズによる影響を確認した。図 4 に矩形サイズの違いによる判別結果の一例を示す。本研究では、路上の落下物判定を目的としていることから、結果のうち 'ground' 以外のオブジェクト判定結果を正解とする。4 倍以上からオブジェクト判別が可能であり、6 倍以上でオブジェクト (litter, scrap) が判別できた。

以上、撮影路上画像の物体判別手法より、自転車搭載スマホ画像利用によるゴミ判別の有効性を確認できた。

4. おわりに

本研究では、安全で効率的な路上ゴミ分析システムを提案した。自転車に搭載したスマホから道路画像を取得し、地点に対するゴミのタグ付けを実装し、路上落下物判別によるタグ付けの有効性を検討した。今後、多様な道路データ取得と落下物判別の精度向上、関連施設情報を考慮した予測可視化システムを開発する。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 JP22H03700, JP20H00584 および京都産業大学先端科学技術研究所 (M2001) の助成を受けたものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- [1] 近藤諒太, 清木康. 不法投棄ゴミを対象とした画像分析・分類機能と時空間マッピング・システムの実現方式. DEIM Forum 2021, J11-5, 2021.
- [2] 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.
- [3] 望月宏樹, 登川幸生, 佐藤寛美, 小林祐太. 画像処理を用いた海浜部における漂着ゴミの判別手法の提案. 第 76 回全国大会講演論文集, Vol. 2014, No. 1, pp. 237–238, 03 2014.