

1. 背景と目的

現在、山間部におけるバス等の公共交通の運営は、少人数で行われている。また、乗降者数など利用状況を把握するため、多くの自治体では、バスの運転手が各停留所にて乗降者数を集計している。本研究では、運転手の負担を軽減させるため、車内に設置したビデオカメラから得られる動画、ならびに物体検知技術を活用したバス利用者数をカウントする方法を提案する。また、本研究では、提案する手法を用いてバス利用者数の検知精度を検証する。

2. 利用者数カウントのための動画データ取得調査の概要

本研究では、高知県三原バス有限会社が運行する三原バスを対象とした。また、会社が所有するマイクロバスに、2023年12月13日(平日)南1便、及び北1便を運行中に車内2か所に設置したカメラ位置で撮影した動画を使用した。カメラは、乗降している様子を前方中央(以下、前方)からと、前方ドア反対側(以下、斜め)から撮影した。なお、本調査は、運行主体である三原村役場様より事前にカメラ撮影の許可を得て実施している。

3. 構築したカウントシステムの仕組み

図1に、動画データの取得とその処理方法について概要を示した。利用者のバス乗降については、物体検知で知られている Pythonの YOLOv8 ライブラリを用いて、バス車内における利用者の動きを検知した。そこで、バス車内で検知された利用者の情報からバスの乗降者数をカウントする。そこで、本研究では画像内に境界線を入力し、そこを通過した物体の数をカウント可能な LineCounter も援用して、バス利用者数をカウントすることとした。

具体的なバス利用者数のカウントについて、画像に入力した境界線は2点(開始点と終了点)によって定義されるベクトルで表され、ベクトルの内積や外積を使用して、各アンカーポイントがラインのどちら側にあるかでIN=OUT をカウントする。バウンディングボックスの全てのアンカーポイントがラインの同じ側にある場合、オブジェクトはラインを越えていないと判断される。また、バウンディングボックスの全てのアンカーポイントがラインの反対側に移動した場合は、オブジェクトはラインを越えたと判断され

カウンタが加算される。

すなわち、境界線を越える前、越える時、

越えた後の TrackerID が一貫していれば、1名

の通過をカウントすることができる。(図2)

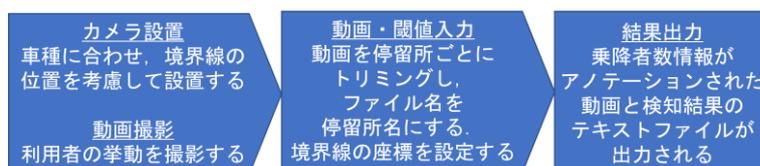


図1 乗降者数検知手順

4. カメラ位置の違いによる検知精度の比較

(1) カウント精度の比較

本研究では、停留所と乗降者数の真値を目視によって計測した。この真値と前方と斜めの2方向から撮影した動画からのバス利用者数の検知結果を比較した。

5 停留所における全乗降10データと真値の一致率から、カメラ位置の違いに

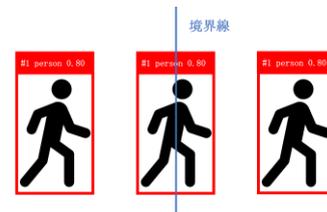


図2 カウントのイメージ

よる精度の比較を行った。表1に計測結果を示した。斜めから撮影した動画では、1名の降車を検知できなかったものの90%の精度で検知することができた。また、前方から撮影した動画では、2停留所で計4人の検知が困難で、真値との一致率は80%であった。よって、斜めから撮影したほうがカウント精度は高くなることが明らかになった。

(2) トラッキング精度の比較

2節では、トラッキングという物体追跡の精度から比較する。各オブジェクト(ここではバス利用者)に割り振られるTrackerID (識別番号)の変化や、オクルージョン(物体同士の重なり)を評価指標する。

ここで船ヶ峠という停留所の動画を比較対象とした。この停留所では3人が乗車し、その際にオクルージョンが発生した。また、1節で述べた乗降者カウントが斜め、前方ともに真値と一致した。これらの理由から、船ヶ峠の動画は、カメラ位置の違いによる検知精度の比較を行うことに適しているといえる。

1 人目の乗客に TrackerID が付与されてから、3人目の乗客が境界線を越えるまでのフレームを精度比較の範囲とする。もともと車内にいた乗客2人の TrackerID は変化しなかったため比較には除外する。また定義した範囲内であっても、1 フレーム中に TrackerID が 1 種類しかない場合は IoU の計算からは除外する。

a) TrackerID の変化回数による比較

前方から撮影した場合は 4回、斜めから撮影した場合は 0回変化した。

TrackerIDの変化回数が少ないほど、物体の消失や重なりが少ないといえる。

TrackerIDの変化回数による比較では、斜めから撮影したほうがトラッキングは安定することが明らかとなった。

b) IoU による比較

IoUとは、オクルージョンの度合いを表す指標で、0 (オクルージョンなし) から1 (完全なオクルージョン) の範囲で表され、IoU の値が小さいほど検知には適しており、以下の式で求められる。

$$\text{IoU(Intersection over Union)} = \frac{\text{交差領域の面積}}{\text{両ボックスの面積の合計} - \text{交差領域の面積}} \quad (\text{図 3})$$

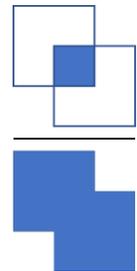


図 3 IoU のイメージ

オブジェクトのTrackerID, バウンディングボックスの左上の座標, 右下の座標をフレームごとに CSV 形式で出力するプログラムを用いた。ここで得たデータを用いて、IoU を求めた。結果を表 2 に示す。

IoUによる比較でも、斜めから撮影ほうがオクルージョンは起きづらく、トラッキングは安定することが明らかとなった。

5. 考察

本システムを実装する際のカメラ設置位置は、車内や機器の特性に合わせて、全利用者が映るように通路に対して斜めに設置すべきである。

6. おわりに

本研究では、YOLOv8を適用した地域公共交通における乗降者数の自動計測手法の開発を試みた。車内出入り口に境界線を設定した提案手法では、乗降者数を一定程計測できることが明らかになった。しかしながら、運賃支払いに時間を要したり、カメラに近い座席に着席したりする利用者がいた場合には検知できなかった。今後の展望としては、撮影するカメラをスマホなどにすることで、広角撮影が可能となり、全利用者に対して検知が可能になると考えられる。

また、動画にGPSのログを残すことで停留所の位置情報及び撮影日時を取得できると考えられる。

参考文献

- 1) Piotr Skalski 「roboflow/notebooks」『YOLOv8 Tracking and Counting』
how-to-track-and-count-vehicles-with-yolov8.ipynb - Colaboratory (google.com) (参照 2024.02.06)
- 2) 大友一喜：物体追跡技術を活用したバス利用者の乗降記録データの作成に関する研究, 高知工科大学 2021 年度卒業論文

表 1 乗降者数表

停留所	乗車数(人)			降車数(人)		
	真値	斜め	前方	真値	斜め	前方
久しげ	1	1	1	0	0	0
袖ノ木	1	1	0	0	0	0
船ヶ峠	3	3	3	0	0	0
平田駅	1	1	1	5	4	2
学校	0	0	0	1	1	1

表 2 IoU 結果

	平均値	最大値
斜め	0.017	0.185
前方	0.040	0.263