

F1-9

## YOLO を用いた電動キックボードの交差点上の走行軌跡の検出

## Detection of E-scooters Trajectories at Intersections Using Object Detection with YOLO

○氏家玲<sup>1</sup>, 吉岡慶祐<sup>2</sup>, 轟朝幸<sup>2</sup>Rei Ujiie<sup>1</sup>, \*Keisuke Yoshioka<sup>2</sup>, Tomoyuki Todoroki<sup>2</sup>

Abstract: Currently, e-scooters are becoming widespread, and traffic accidents involving e-scooters are increasing. This study employs YOLO to analyze intersection trajectories for road design that accommodates e-scooters. We annotated intersection videos and trained YOLO11 to detect vehicles and generate driving trajectories. The analysis of individual vehicle trajectories revealed that e-scooters and bicycles are distributed across both roadways and sidewalks. On the other hand, the trajectories of e-scooters and automobiles overlap at corner sections, suggesting a high risk of collision at these points. The detection accuracy of YOLO for e-scooters is lower than that for other vehicles, with a matching rate of 62.1%. This suggests that the number of annotated images used to train YOLO needs to be increased.

## 1. 研究背景と目的

現在、都市部を中心に電動キックボード（以下電動KB）の普及が進んでおり、道路上の電動KBの交通量が増加している。2023年7月に道交法が改正され、電動KBが16歳以上であれば免許不要で利用できるようになったことが増加理由の一つである。それに伴い電動KBの交通事故件数が大幅に増加している。今後電動KBの交通量が増え続ければ、比例して交通事故も増えるとみられ、道路設計の改良といった電動KBの通行対策が必要である。そのためには電動KBの通行実態の把握が必要となるが、交差点を対象に電動KBの通行実態に着目した研究は少ない。また、通行実態の一つとして走行軌跡の把握が必要であるが、人手で走行軌跡を取得するには限界があるため、機械を用いた効率化が必要である。

そこで本研究では、交差点映像をもとに物体検出アルゴリズムの一つであるYOLOを利用して、電動KBの走行軌跡の取得を試みる。また、その他の交通との比較により、その検出精度について評価することを目的とする。

## 2. 既存研究の整理

既存研究では岩崎ら<sup>1)</sup> 大久保ら<sup>2)</sup> のような交差点のカメラ映像から車両をAIに学習させて走行軌跡を作成する研究などがある。しかし、いずれの研究においても電動KBの走行軌跡を対象にしたものではない。これに対し、本研究はAIによる電動KBの検出精度の評価を行いつつ、電動KBとその他の交通の走行軌跡を作成し、通行実態の把握を行う。

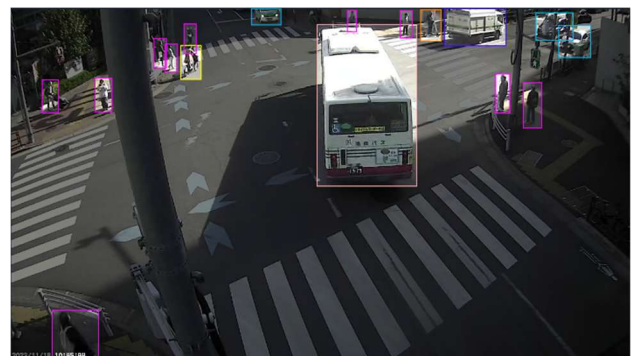


Figure1. Annotated images

## 3. 研究手法

本研究では、星野ら<sup>3)</sup> の既往研究で対象とした北新宿一丁目交差点の映像をもとに、電動KBが映っているタイミングで写真を切り取り、それらのアノテーションを行った。アノテーションを行った画像をYOLO11に学習させ、交差点映像から自動的に車両を検出できるようにした。アノテーション画像の例をFigure1に示す。検出クラスは電動KB、自転車、バイク、自動車、バス、トラック、歩行者の7つである。つぎに交差点映像上のX, Y座標を指定して、交差点の平面図のX, Y座標と対応するようにする。検出した車両を追跡し、追跡された車両を平面図上に軌跡として表示した。Figure2~Figure4に電動KB、自転車、自動車の走行軌跡を示す。

## 4. 考察

## (1) 走行軌跡の比較

Figure2~Figure4のどの軌跡も交差点に設置したカメラが図の上方向を向いて撮影されているため、上方向の軌跡が下方向よりも長くなっている。Figure2とFigure3を比較すると電動KBと自転車の走行軌跡はよく似ており、走行位置も車道と歩道で分散しているこ

とがわかる。自転車に比べると電動 KB のほうが追跡距離が短い傾向にあることがわかる。これはカメラから電動 KB までの距離が遠いと正確に検知できていないことが原因と考えられる。Figure2 と Figure4 を比較すると、交差点の隅角部で電動 KB と自動車の軌跡が重なっているため、隅角部で接触危険性が高いと考えられる。

(2)検出精度の評価

各車両の検出精度について Table1 にクラスごとの物体検出精度の評価指標とその割合を示す。画像数と車両数は評価指標の算出に使用した数を表している。適合率は以下の式に示すように、AI が電動 KB と予測した車両のうち実際に電動 KB であったものの割合、再現率は実際に電動 KB の車両のうち AI が電動 KB と予測したものの割合、F 値は適合率と再現率の調和平均である。

$$\text{適合率} = \frac{TP}{TP + FP}, \quad \text{再現率} = \frac{TP}{TP + FN}$$

|      | 実際は正                   | 実際は負                   |
|------|------------------------|------------------------|
| 正と予測 | TP<br>(True Positive)  | FP<br>(False Positive) |
| 負と予測 | FN<br>(False Negative) | TN<br>(True Negative)  |

電動 KB の適合率は 0.621 とその他の車両に比べてかなり低い。これは電動 KB が自転車やバイクに形状が似ているため、誤検出されやすいことが要因の一つとみられる。そのため、自転車やバイクの適合率もその他の車両に比べて少ない。逆にトラックやバスの適合率が高いのは車両が大きいいため、AI に正しく検出されやすいと考えられる。次に再現率について、電動 KB の再現率は 0.769 と適合率よりかなり高い。適合率と再現率はトレードオフの関係にあり、一般に適合率が高くなると再現率は低くなる。適合率が高いと、電動 KB を見逃しやすくなり、反対に再現率が高いと電動

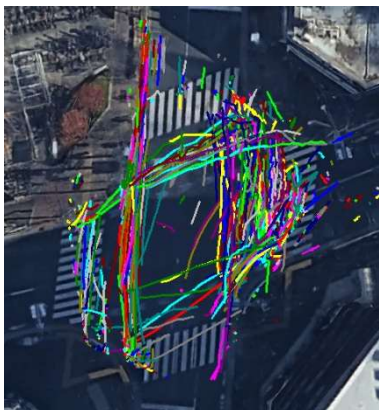


Figure2. E scooters trajectory

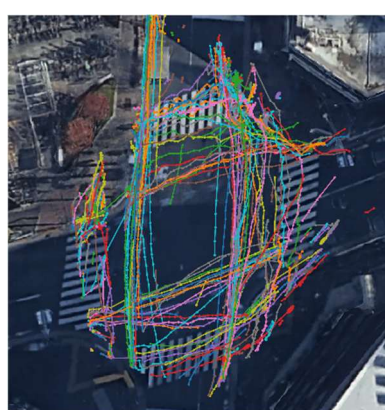


Figure3. Bicycles trajectory



Figure4. Cars trajectory

Table1. Evaluation indicators and percentages

| クラス名 | 画像数 | 車両数 | 適合率   | 再現率   | F 値   |
|------|-----|-----|-------|-------|-------|
| 全体   | 32  | 772 | 0.759 | 0.775 | 0.767 |
| 自転車  | 22  | 55  | 0.691 | 0.673 | 0.682 |
| バス   | 12  | 14  | 0.901 | 0.857 | 0.878 |
| 自動車  | 31  | 126 | 0.869 | 0.889 | 0.879 |
| トラック | 12  | 16  | 0.906 | 0.812 | 0.856 |
| バイク  | 9   | 13  | 0.48  | 0.615 | 0.539 |
| 歩行者  | 32  | 535 | 0.847 | 0.806 | 0.826 |
| 電動KB | 12  | 13  | 0.621 | 0.769 | 0.687 |

KB 以外を電動 KB と検出されやすくなる。走行軌跡などの車両挙動の観測を目的とする場合、交通量調査と異なり必ずしも全数の把握が必須ではないが、自転車やバイクと誤検出されると、誤った解釈となる可能性があるため、適合率が高いことが望ましい。

5. 今後の研究方針

今後は適合率の改善のため、学習に使用するアノテーション画像数を増やす、YOLO の信頼度しきい値を高く設定するなどの調整が必要である。そのうえで、得られた走行軌跡をもとに、電動 KB の交差点内での走行挙動の特性について分析する予定である。

6. 参考文献

[1] 岩崎洋一郎, 竹原洋志, 宮田俊彦, 倉本俊昌, 北島俊孝, 瀬戸口恵:「物体検出アルゴリズム YOLO を用いた交通量と車両走行軌跡の自動計測」, 電気関係学会九州支部連合大会講演論文集, 71 巻, 2018.

[2] 大久保順一, 吉田龍人, 堀井大輔, 菊池恵和, 藤井純一郎, 菅原宏明:「オブジェクトトラッキングにおける軌跡予測」, 人工知能学会全国大会論文集, 36 巻, 2022.

[3] 星野幸信, 吉岡慶祐, 轟朝幸:「信号交差点内における電動キックボードと他車両との交錯危険性の分析」, 令和 6 年度日本大学理工学部交通システム工学科卒業論文集, 2024.