

車載カメラを用いた電動キックボードの 走行挙動計測に関する基礎的研究

日原弘貴¹・布広祥平²・有村幹治³・浅田拓海⁴

¹学生会員 室蘭工業大学 大学院工学研究科 環境創生工学系専攻 (〒050-8585 室蘭市水元町 27-1)

E-mail:18021308@mmm.muroran-it.ac.jp

²学生会員 室蘭工業大学 大学院工学研究科 環境創生工学系専攻 (050-8585 室蘭市水元町 27-1)

E-mail:21041057@mmm.muroran-it.ac.jp

³正会員 室蘭工業大学教授 大学院工学研究科 もの創造系領域 (〒050-8585 室蘭市水元町 27-1)

E-mail:arimura@mmm.muroran-it.ac.jp

⁴正会員 室蘭工業大学助教 大学院工学研究科 もの創造系領域 (〒050-8585 室蘭市水元町 27-1)

E-mail: asada@mmm.muroran-it.ac.jp

昨今電動キックボードのシェアサービスが日本国内で普及しており、2021年4月には、東京都や大阪府で特例措置が取られている。認定を受けた事業者により貸し出された電動キックボードであれば、ヘルメットの着用を任意とすることや自転車専用道路の通行が認められており、電動キックボードの利用者が増加すると考えられる。本研究では、市販のアクションカメラを使用して、多様な道路環境において実験を行い、道路環境と電動キックボードの挙動の関係について分析した。結果から、一時停止前後の低速走行時、ひび割れ路面走行時に通常走行時よりも挙動が不安定になることが明らかとなり、さらに市販のアクションカメラを用いて電動キックボードの走行挙動を計測できることも明らかとなった。

Key Words: electric kickboard, road surface, driving experiment, on-vehicle camera, small mobility

1. はじめに

昨今、電動キックボード（以下、電動 KB）のシェアサービスが世界各国で普及している¹⁾²⁾。電動 KB は、軽量かつコンパクトで小回りが利き、気軽に利用できるため、通勤、通学や観光地におけるラストワンマイルの移動手段として注目を集めており、コロナ禍の影響もあって利用者は増加している。また、ガソリンなどの燃料が必要なく、電気でするため、燃費が抑えられ経済的なうえに環境問題の観点から見ても優れた乗り物であるといえる。

一方、電動 KB の急速な普及は混乱を招いており、車や歩行者との接触、衝突、また、舗装損傷箇所での転倒事故が発生している³⁾。また、2021年東京都では人身事故 18 件、件物損事故 50 件が発生しており、安全性に懸念が残されている。

日本の法律では、モーターの定格出力が 0.6kw 以下の電動 KB は、道路交通法及び道路運送車両法上の原動機

付自転車に該当し、車道での走行が義務付けられている。現在電動キックボードに関して規制緩和の動きがあり、東京都や大阪府の一部では特例措置が取られており、2021年4月には、国家公安委員会及び国土交通省において、「道路交通法施行規則」及び「道路標識、区画線及び道路標示に関する命令」の適用に関して新たな特例措置が講じられている。車体の大きさ及び構造等を定めた基準に該当し、かつ認定を受けた事業者により新事業活動計画に従って貸渡されるものを特例電動 KB として、小型特殊自動車として位置づけること、ヘルメットの着用を任意とすること、自転車専用道路を通行できること、一方通行（自転車を除く）の道路を通行できること等を特例として、令和3年4月23日から令和4年7月までの間、安全性について実証実験により検証している。

しかしながら、現在のところ、自転車の走行挙動⁴⁾⁵⁾や快適性評価⁶⁾、電動 KB の利用意識に関する調査⁷⁾⁸⁾は報告されているものの、電動 KB の走行挙動に関する実験や分析の事例は少ない⁹⁾¹⁰⁾。多様な道路環境において走

行挙動計測を行い、道路状況や舗装損傷による電動 KB への挙動に関する影響を評価できれば、走行環境の整備、経路案内、運転者講習などの安全対策につながる。

そこで、本研究では、電動 KB の走行挙動データを簡易に収集するための仕組みとして、車載カメラを用いた計測方法について検討する。さらに、走行実験を実施して、道路環境が走行挙動に及ぼす影響について分析し、本方法の有効性について確認する。

2. 実験方法

本研究では、(図-1)に示す電動 KB「COSWHEELLEV Scooter」を実験に使用した。車両寸法は全長 1170mm、全幅 580mm、全高 1000mm であり、総重量は 22kg、タイヤサイズは 10×2.5 インチ定格出力は 500w である。最大速度のモードは、低速 (23km/h)、中速 (32km/h)、高速 (45km/h) から選択でき、本研究では低速モードで実験を行った。走行中のハンドル部および運転者頭部の振れや振動を計測するため、それぞれに市販カメラ (GoPro HERO8) を設置した (図-1)。このカメラは、動画撮影と位置情報取得 (20Hz) に加えて、加速度 (200Hz) やジャイロセンサーによる角速度 (400Hz) の計測が可能である。これらによってハンドル部、被検者頭部の上下振動と左右の振れを測定することができる。

実験は、2021 年 10 月の晴天日昼間に実施し、室蘭工業大学敷地内に設定した実験コース (約 450m) で実施した (図-2)。実験コースは右左折、一時停止、舗装ひび割れが著しい箇所を走行するルートを選定し、路上駐車車の回避挙動を計測するためにコース内に前後に十分な余裕をもって普通乗用車を設置した。被験者は普通自動車免許を持っている男子学生 3 名 (被験者 A, B, C) と女子学生 2 名 (被験者 D, E) の計 5 名である。全員が電動 KB の未経験者であったため、事前に十分な練習走行を行ってから、実験走行を 7 回行ってもらった。最後の 5 回分を分析に用いる。また、被験者には、一時停止や左右確認を徹底し、安全に走行できる速度で走行してもらい、走行位置は車道の左側と指示した。道路環境は、現地や動画で確認を行い、右左折、一時停止、路上駐車、舗装ひび割れが著しい箇所などを位置データとして整理した。

3. 実験結果および考察

計測したハンドル部および頭部の上下方向の加速度および鉛直方向を軸とした角速度を 1 秒毎に分割し、それぞれ標準偏差 (以下、ACC, GYR) を算出し、道路環



図-1 実験に使用した電動 KB とアクションカメラ

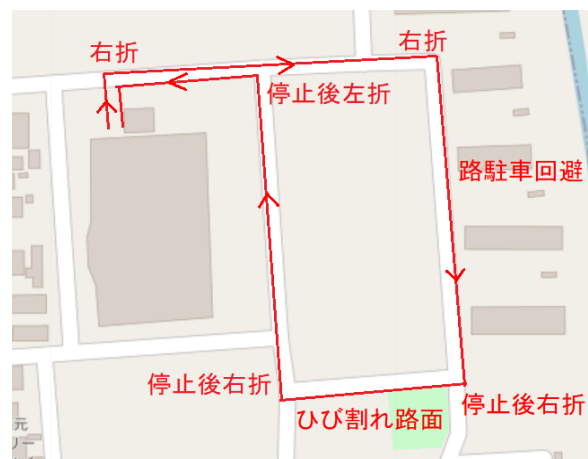


図-2 実験コース

境データと統合しマップに可視化した。

一例として、被験者 B の計測結果と道路環境を (図-3) に示す。

ハンドル部および頭部の ACC は、通常走行時と比較して、舗装ひび割れ箇所や段差部で大きくなっており、舗装損傷が車体に加えて頭部にまで大きな振動を生じさせており不安定な状況であることがわかる。一時停止時に発生している頭部の ACC は停車時、片足を地面に下ろすために発生したものである。ハンドル部の GYR は

次に代表的な道路環境にく発生していることがわかる。路上駐車箇所、対向車とのすれ違い時、一時停止箇所で大きくなるのがわかる。このような、回避行動や他車との交錯がある時、停止前後の低速走行を行う場合にバランスを崩しやすい状況といえる。頭部の GYR は路上

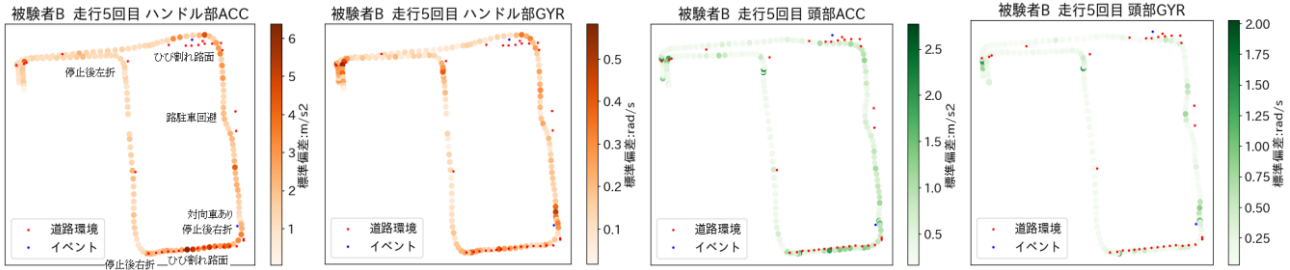


図-2 走行中のハンドル部および頭部の挙動（一例）

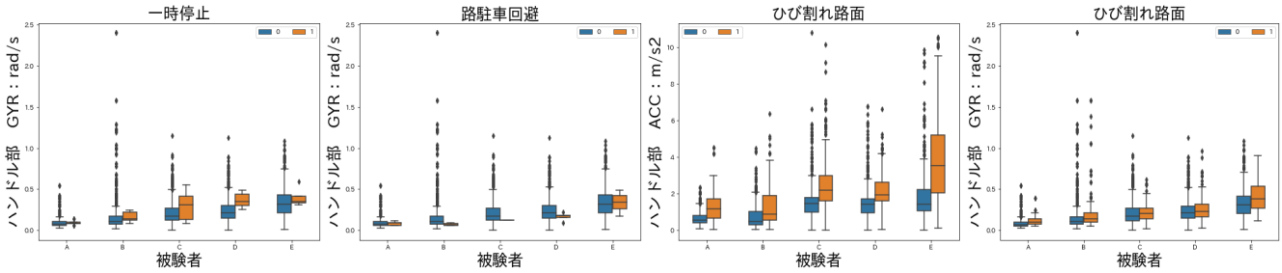


図-3 ハンドル部の挙動と道路環境の関係

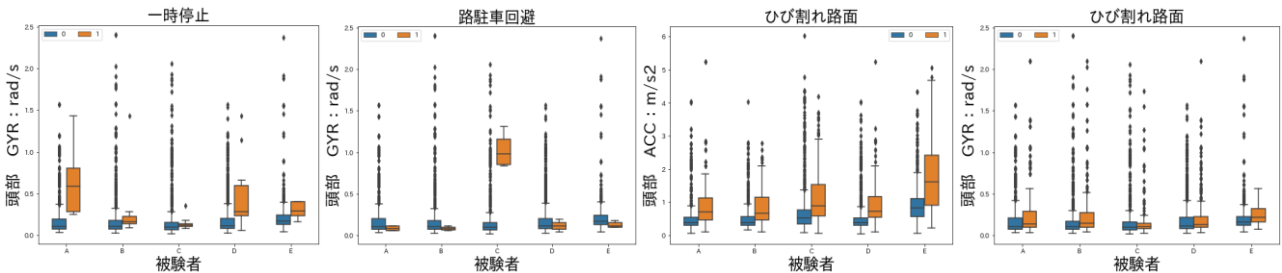


図-4 頭部の挙動と道路環境の関係

駐車回避時に少量発生しており、車両とのすれ違い箇所に加えて、右左折時の左右確認を行うときに大きく発生していることがわかる。

次に代表的な道路環境におけるハンドル部および頭部の挙動を（図-4）、（図-5）に示す。オレンジのグラフは道路環境に対象道路環境下での ACC あるいは GYR であり、青のグラフはそれ以外の区間での値を示す。一時停止箇所の両部の GYR は、非一時停止箇所よりも大きくなった被験者が多い。一時停止箇所では、速度低下や発進時に低速走行を行うことによってハンドルの振れが発生したものと考えられる。頭部はカメラを確認すると交差点での左右確認のため頭部の振れが発生したものであった。次に、路上駐車回避箇所では、ハンドル部 GYR は非路駐車回避時よりもわずかに大きくなった被験者が多かった。頭部 GYR は大きな挙動の違いは見受けられなかったが、被験者 C のみ著しく大きな挙動を示した。動画を確認したところ、この被験者 C は、路上駐

車箇所の手前で、後方確認をミラーではなく直接行っていたためこのような結果となっている。一方、ハンドル部 GYR は他の被験者と同様に大きな値となっていない。前後に余裕を持った状態での路駐車回避時、後方確認により頭を大きく後ろに向けてもハンドルの振れは発生しにくく、安定した走行が可能だと言える。最後に、舗装ひび割れ箇所では、ほとんどの被験者においてハンドル部および頭部の ACC が大きいことがわかる。これは、単に、路面凹凸が上下方向の振動を発生させ、頭部まで伝達しているためである。注目すべきは、ハンドル部の GYR であり、若干ではあるが舗装ひび割れ箇所でも大きくなっている。電動 KB は自転車などと比較してタイヤの径が小さいため、路面損傷に関して自転車よりも大きな影響が出たものと考えられる。振動による走行快適性の低下、さらに走行安定性にも影響を及ぼすことが考えられる。

4. まとめ

本研究では、電動 KB の走行挙動データを簡易に収集することを目的として、市販のアクションカメラを電動 KB ハンドル部と被験者の頭部に取り付ける計測方法について検討した。また、走行実験を行って、道路環境が走行挙動に及ぼす影響について分析し、本方法の有効性について確認した。得られた結果を以下に示す。

- 電動 KB の一時停止前後の低速走行時、発進時、舗装がひび割れた路面を走行する場合、通常走行時よりも挙動が不安定になることが明らかとなった。
- 前後に余裕を持った状態で障害物を回避する場合、安定した挙動で回避できることが明らかとなったほか、直接振り向いて後方確認を行って障害物を回避した場合でも安定した走行ができることも明らかとなった。
- 以上の結果から市販のアクションカメラであるが、電動 KB 走行時の挙動を容易に計測できることが明らかとなった。

なお、本研究では大学敷地内での限定的な実験に終わったため、今後は、被験者を増やし、公道を含む多様な道路条件下において実験を行う予定である。

電動 KB の普及が進んでいる海外では、舗装損傷部で転倒が多いという調査報告³⁾もあり、それは、舗装老朽化が進む我が国においても大きな問題となる。特に、規制緩和による観光地や市街地でのシェアサービス拡大や利用者増加を視野に入れ、生活道路や観光路線を対象に、舗装と電動 KB の挙動の関係に着目した実験を行う予定である。

参考文献

- 1) 柴山多佳児, Miklos RADICS, Guenter EMBERGER: ウィーンにおける電動キックスクーターシェアリングの展開と利用, 第 64 回土木計画学研究発表会・講演集, 第 64 回土木計画学研究発表会講演集, CD-ROM, 2021.
- 2) 柴山多佳児: 欧州での電動キックボードを取り巻く課題と対策, 国際交通安全学会誌 Vol.46, No. 3, PP.211-220, 2022.
- 3) 後藤りえ, 谷口綾子: 諸外国における電動キックボードの導入実態と社会的受容, 第 64 回土木計画学研究発表会講演集, CD-ROM, 2021.
- 4) 岡部光樹, 高橋清, 富山和也, 萩原亨, 森石一志: 自転車振動モデルを用いた路面平坦性の評価指標構築, 土木学会論文集 E1 (舗装工学), Vol.75, No.2 (舗装工学論文集第 24 巻), I_67-I_75, 2019
- 5) 加藤麻樹, 下平佳江: 自転車走行時の車体及び人体への段差の影響, 人間工学第 43 巻特別号, 2007.

- 6) 居駒薫樹, 浅田拓海, 有村幹治, 亀山修一: 車載カメラ動画を用いた自転車走行時の振動不快度評価手法の開発, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol. 75, No. 5 (土木計画学研究・論文集第 36 巻), I_745-I_754, 2019.
- 7) 井料美帆, 日比野秀俊, 鈴木弘司: 電動一人乗りモビリティの車種選択規範と利用意向に関する研究, 国際交通安全学会誌 Vol.46, No. 3, PP.241-249, 2022.
- 8) 吉村朋矩: 若年層を対象とした電動キックボードの走行調査および利用意向に関する研究, 日本都市計画学会中部支部研究発表会論文集 No.32, pp.35-36, 2021.
- 9) 鈴木一史: 電動キックボードすれ違い時の工作回避特性と利用者不安感の分析, 第 64 回土木計画学研究発表会講演集, CD-ROM, 2021.
- 10) 川合 琉介, 鈴木弘司, 井料美帆: 電動キックボードの通行位置選択要因の分析, 第 64 回土木計画学研究発表会講演集, CD-ROM, 2021.