

電動キックボードの振動応答に基づく移動性評価の検討

北見工業大学大学院 学生会員 ○西海 隼人
 北見工業大学工学部 正会員 富山 和也
 北見工業大学大学院 学生会員 幸谷 有毅
 北見工業大学大学院 学生会員 佐々木 賢一郎
 大林道路株式会社 正会員 森石 一志
 大林道路株式会社 正会員 山口 雄希

1. はじめに

近年、電動キックボードが世界各国で注目を浴びており、海外ではマイクロモビリティ専用レーンが整備されるなど道路空間における利用者のニーズは時代とともに多様化している。また、日本においても、MaaS (Mobility as a Service) の推進¹⁾や電動キックボードのシェアリングサービスが急速に展開されており、新たな道路環境整備が必要となっている。現在、一般に車道を対象とした舗装路面を管理する場合、自動車の振動特性を基準にラフネス波長(波長 0.5~50m)を対象とし、国際ラフネス指数(IRI)が用いられている。一方、既往研究²⁾においてマイクロモビリティの一種である電動自転車においてはメガテクスチャの影響を受けていることが報告されており、マイクロモビリティで乗り心地を評価する上ではテクスチャにも着目する必要があると考えられる。また、電動キックボードは座位を基本とした既存の乗り物と異なり、立位を基本とした移動性の評価が必要となる。そこで本研究では、電動キックボードを対象とした道路空間の移動性を評価する上で重要である路面特性を明らかにすることを目的に、車両と路面の相互作用の観点から電動キックボードの振動特性を把握するため、周波数応答関数を算出し、振幅利得(以下、Gain)に基づく検討を行った。

2. 走行実験の概要

実験は2021年7月と12月に兵庫県加東市にある大林道路株式会社東条アスファルト混合所で実施した。実験では図-1に示す一般的な電動キックボードを用いた。車両の寸法は全長1.2m、全幅

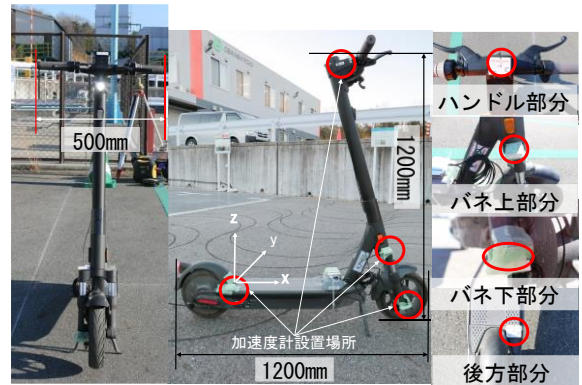


図-1 計測装置の概要

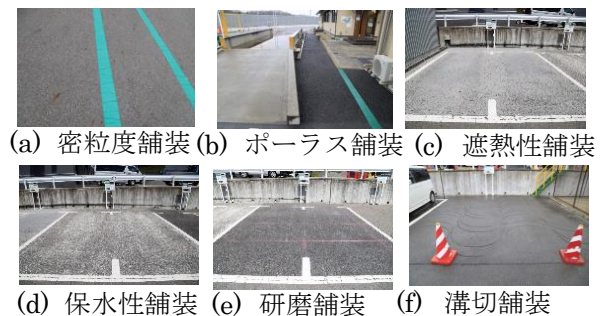


図-2 計測対象路面

0.5m、全高1.2mであり、重量は27.5kgである。タイヤ外径は前後10インチ発泡ウレタン充填チューブレスタイヤであり、後輪内蔵モーター式となっている。対象とした路面は図-2に示す(a)一部セメント系舗装を含む密粒度舗装、(b)ポーラス舗装、(c)遮熱性舗装、(d)保水性舗装、(e)研磨舗装、(f)溝切舗装の計6路面であり、各舗装上に一直線の測線を設けた。各測線長は、セメント系舗装を含む密粒度舗装が31mであり、ポーラス舗装が18mである。路面(b)~(f)は測線距離が短いため、Gainの算出は行わなかった。また、予め測線においてMulti Road Profiler (MRP)を用いて路面プロファイルを、測線上の1地点のきめ深さを公益社

連絡先 〒090-8507 北海道北見市公園町165 北見工業大学 工学部 社会環境系 TEL0157-26-9516

キーワード 路面評価, マイクロモビリティ, 電動キックボード, 振動特性

団法人日本道路協会「舗装調査・試験法便覧」S022-3Tに基づき、CTメータを用いて計測し、Mean Profile Depth（以下、MPD）を算出した。

振動加速度の計測は、ハンドル中心部、前方車輪バネ上、前方車輪バネ下、車体後方の4か所に加速度計を設置し、サンプリング間隔は200Hzで実施した。なお、本研究では、乗り心地と関係の深い上下方向加速度に着目した。

3. 振動加速度の解析方法

電動キックボードと路面のテクスチャとの関係を把握するために、振動加速度の二乗平均平方根（以下、RMS）とMPDの相関関係を算出した。

また、振動特性を把握するために周波数応答関数を算出し、Gainを求め比較した。

4. 実験結果

図-3に速度5km/hの振動加速度RMSとMPDの関係性を示す。相関係数はハンドルで0.89、バネ下で0.86、バネ上で0.95、後方で0.92であった。図より、振動加速度のRMSがMPDと高い相関関係を示した。また、10km/hにおいても高い相関関係を示すことを確認している。これは電動キックボードがテクスチャに対して感度が高いためと考えられる。路面の移動性を評価する際にはテクスチャを評価する必要があるが示唆された。

また、図-4に走行速度5km/hの密粒度舗装走行時の、図-5に走行速度5km/hのポーラス舗装走行時のGainを示す。なお、図中、走行速度に対応した路面波長および路面特性分類³⁾を併記した。電動キックボードの共振領域は、図-4より3、9、14Hz付近に見られ、図-5より3、8、10Hz付近に見られた。電動キックボードの共振箇所は、3Hzではバネ上、車体後方の共振、8、9Hzではフレーム共振、10、14Hzではバネ下、後方の共振と考えられる。また、舗装種別、走行速度によらず、共振周波数はほぼ同じ値を示し、妥当な結果が得られた。ここで路面特性分類との対応を考えると、メガテクスチャ（波長0.05~0.5m）の影響を受けることがわかる。

以上より、電動キックボードを対象とした道路空間の移動性評価には、路面のメガテクスチャの把握が必要であることが明らかになった。

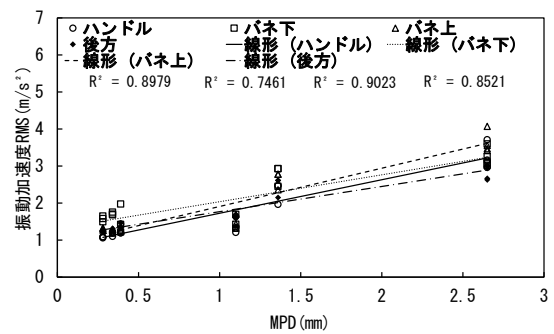


図-3 MPDと振動加速度RMSの関係

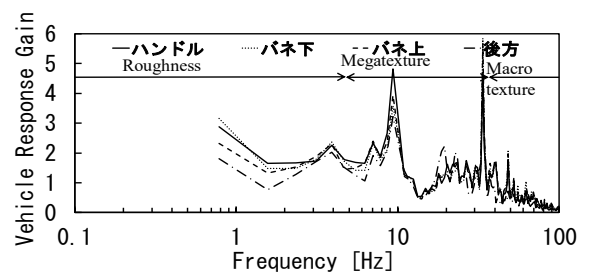
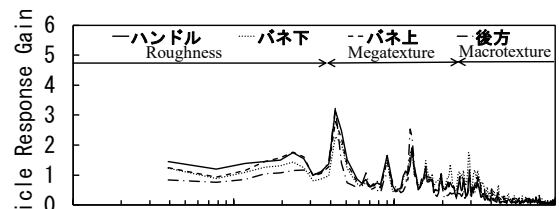


図-5 ポーラス舗装のGain

5. おわりに

本研究では、電動キックボードの振動領域が路面特性分類のメガテクスチャに対して感度が高いことが明らかになった。よって、IRIとは異なる路面管理指標が必要になってくることが考えられ、電動キックボードをはじめとしたマイクロモビリティ対象とした、新たな路面評価方法について検討が必要であることを示した。

参考文献

- 1) 国土交通省：日本版 Mass の推進, <https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/japanmaas/promotion/>, 最終アクセス 2022.2
- 2) Tomiyama, K. and Moriishi, K.: Pavement Surface Evaluation Interacting Vibration Characteristics of an Electric Mobility Scooter, 9th International Conference on Maintenance and Rehabilitation of Pavements (Mairepav9), Dübendorf, July, 2020.
- 3) PIARC: Optimization of Surface Characteristics, Technical Committee Report on Surface Characteristics, -PLARC Xviii World Road Congress, Brussels, Belgium, 1978.